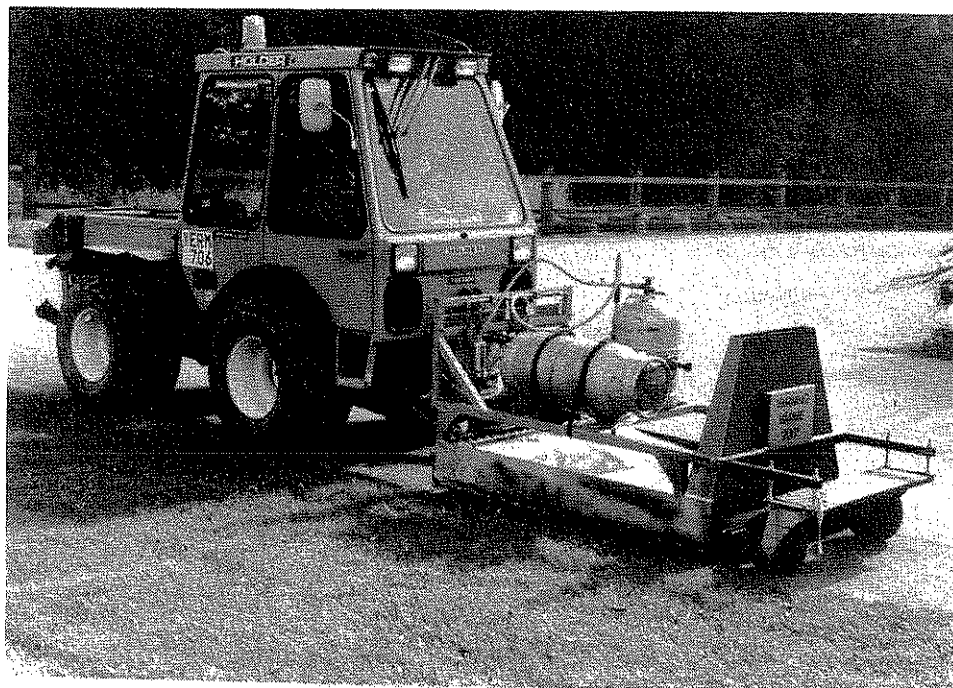


**SVERIGES
LANTBRUKSUNIVERSITET**

**Termisk ogräsbekämpning på
hårdgjorda ytor.
Försöksverksamhet 1987.**

**Thermal weed control on herd surfaces.
Experimental work 1987.**

Per Nyström, Sven-Erik Svensson.



**Institutionen för
lantbruksteknik**

**Swedish University of Agricultural Sciences
Department of Agricultural
Engineering**

**Rapport 123
Report**

Uppsala 1988

**ISSN 0238-0086
ISBN 91-576-3319-3**

DOKUMENTDATABLAD för rapportering till SLU:s lantbruksdatabas LANTDOK, Svensk lantbruksbibliografi och AGRIS (FAO:s lantbruksdatabas)

Institution/motsvarande		Dokumenttyp	
Institutionen för lantbruksteknik, avd. markbyggnads- och trädgårdsodlingsteknik.		Försöksrapport	
		Utgivningsår	Ärendebeteckning
		1988	
Författare/upphov			
Per Nyström Sven Erik Svensson			
Dokumentets titel			
Termisk ogräsbekämpning på hårdgjorda ytor. Försöksverksamhet 1987. Thermal weed control on hard surfaces. Experimental work 1987.			
Referat Denna rapport behandlar försök med termisk ogräsbekämpning (värme) på olika typer av hårdgjorda ytor. Omfattande försök har utförts i 7 kommuner för att studera ekonomi, teknik och bekämpningsresultat. Försöken omfattar traktorburna, hjulburna och handburna brännarutrustningar. För att nå bra resultat på grusytor krävs minst 7 behandlingar per år till en kostnad av 1.12 - 2.70 SEK per kvadratmeter. På stenbelagda ytor räcker det med minst 5 behandlingar till en årskostnad av 0.80-1.95 SEK per kvadratmeter. Spännvidden i kostnad beror på typ av utrustningar. Kostnaden för termisk ogräsbekämpning på hårdgjorda ytor är 50-100 % högre jämfört med kemisk bekämpning. Jämfört med andra icke-kemiska metoder är dock kostnaden 2-3 gånger lägre.			
			Målgrupp
			II, III
Ämnesord (AGROVOC)			
Ogräsbekämpning, värme, ytmaterial, ekonomi, teknik, urbana ytor. Weed control, flaming, economy, technology, urban areas, equipment.			
Andra ämnesord			
Termisk ogräsbekämpning, grusyta, platt- och stenbeläggning, kantsten.			
Övriga bibliografiska uppgifter			
Serie-/tidskriftstitel och volym/nr			ISBN
Sveriges Lantbruksuniversitet			91-576-3319-3
inst. för lantbruksteknik. Rapport nr. 123			ISSN
			0238-0086
Språk	Smf-språk	Omfång	Antal ref.
Svenska	Svenska	56 sid.	
Projektnamn			

Postadress
SVERIGES LANTBRUKSUNIVERSITETS BIBLIOTEK
Ultunabiblioteket
Förvärvssektionen/LANTDOK
Box 7071
S-750 07 UPPSALA
Sweden

Besöksadress
Centrala Ultuna 22
Uppsala

Telefonnummer
018-17 10 00 vx
018-17 10 97
018-17 20 23

Telex
76062 ULTBIBLS

FÖRORD

Ogräsbekämpning med kemiska bekämpningsmedel förbjuds av miljöskäl i allt fler kommuner. Sådan bekämpning innebär också risker för den personal som utför arbetet. Manuell ogräsbekämpning är slitsamt och leder lätt till förslitningsskador på axlar, armbågar och handleder hos personalen. Det har därför bedömts som mycket angeläget att finna ett miljövänligt, säkert och ekonomiskt gångbart alternativt sätt att bekämpa ogräs. Termisk ogräsbekämpning, dvs ogräsbekämpning med hjälp av värme, är ett av de mest intressanta och realistiska alternativen, åtminstone för bekämpning på hårdgjorda ytor som gång- och cykelvägar, sten- och plattbelagda ytor, vid kantsten samt på grusytor.

Arbetsmiljöfonden, Svenska Kommunförbundet och Malmö stad har tillsammans finansierat ett projekt med syfte att genom fullskaliga driftförsök i Malmö sommaren 1987 få en bild av hur termisk ogräsbekämpning fungerar i praktiken med avseende på teknik, ekonomi, effekt och arbetsmiljö. Dessutom har kompletterande försök genomförts och följts upp under samma tid i Göteborg, Jönköping, Nybro, Stockholm, Säfte och Umeå.

Denna rapport har utarbetats av Sven-Erik Svensson och Per Nyström vid avdelningen för markbyggnadsteknik vid institutionen för lantbruksteknik i Alnarp. Rapporten redovisar resultaten från 1987 års försök, med undantag för arbetsmiljödelen, vilken redovisas i en särskild rapport från avdelningarna för arbetsmiljöteknik och brandteknik vid Lunds tekniska högskola.

Försöken i Malmö har utförts med stöd av en projektgrupp där Kjell Nilsson vid Movium har varit projektledare. Hela projektet, inklusive de kompletterande försöken i den sex andra kommunerna, har letts av en styrgrupp med Björn Sundström, Kommunförbundet som ordförande. Övriga deltagare har varit Hans Silborn, Kommunförbundet, P O Fritzson, Stockholm, Gunnar Ericson, Malmö, Tommy Blomé, Jönköping, Jan Holmgren, Umeå, och Per Nyström, Alnarp.

Huvudansvarig för försöksuppläggning, utvärdering m m har varit Sven-Erik Svensson, Alnarp. Han svarar också på eventuella frågor om denna rapport på tfn 040 - 41 50 00.

Hans Silborn och Björn Sundström
Svenska Kommunförbundet Stockholm

SAMMANFATTNING

Genom 1987 års försöksverksamhet har värmebekämpning av ogräs på hårdgjorda ytor tagit ett stort steg framåt.

Metodens förutsättningar angående ekonomi, teknik, bekämpningsresultat och bekämpningseffekt har utretts genom försök i 7 kommuner spridda över hela landet.

Tillsammans med berörda kommuner har försöken planlagts, och utvärderats av avdelningen för markbyggnadsteknik, vid institutionen för lantbruksteknik, i Alnarp. Utförandet och uppföljning av försöken har skett med hjälp av personal från de deltagande försökskommunerna.

Under 1987 har försöken visat att genom att använda traktorburna värmeaggregat med inkapslade öppna gasollågor, kan arbetshastigheter på 4-5 km/h uppnås.

Arbetskapa-citeten har ökat med 2 till 3 gånger beroende på arbetsbredd, jämfört med strålningsvärmeaggregatet från försöket 1986 i Malmö.

Denna ökade kapacitet har resulterat i ett lägre pris per behandlad kvadratmeter. För ett traktorburet aggregat med en arbetsbredd på 1.2 meter, en praktisk arbetskapa-citet på 3 000 kvadratmeter per timme och en timkostnad för hela systemet inkl. förare på 332 kr blir kostnaden omkring 0.16 kr per behandling och m².

För ett hjulburet aggregat med 0.45 meters arbetsbredd, t.ex. Heatfighter 450 blir kostnaden omkring 0.39 kr/m² per behandling, vid en praktisk arbetskapa-citet på 700 kvadratmeter per timme och en timkostnad på 200 kr för systemet.

Antalet behandlingar per år får anpassas från yta till yta bl.a. beroende på ogräsarter och ogräsmängd samt önskad skötselstandard. Det har visat sig att det behövs minst 5 behandlingar per år för att nå upp till en lägsta godtagbar skötselstandard för en stenbelagd yta. För en grusyta behövs minst 7 behandlingar per år för motsvarande skötselresultat.

Detta ger en totalkostnad för stenbelagda ytor mellan 0.80 kr och 1.95 kr per kvadratmeter och år beroende på aggregattyp. Motsvarande siffror för en grusyta blir mellan 1.12 kr och 2.70 kr per kvadratmeter.

För gatkantsten behövs minst 5 behandlingar per år för ett godtagbart skötselresultat. Detta ger en kostnad av 0.80-1.35 kr per löp-meter kantsten och år, beroende på använd utrustning.

Kostnaden för termisk ogräsbekämpning på hårdgjorda ytor är 50-100% dyrare jämfört med kemisk bekämpning. Jämfört med andra icke-kemiska bekämpningsmetoder är dock kostnaden för termisk bekämpning 2-3 gånger lägre.

Metoden är liksom kemisk och mekanisk ogräsbekämpning känslig för regn och väta. Detta ger begränsningar i aggregatens "veckokapacitet" och bekämpningseffekt samt problem i arbetsorganisationen och planeringen av behandlingarna. Detta löses genom ett flexiblere bekämpningsprogram där ytornas aktuella bekämpningsbehov, styr arbetet. Vidare bör man aldrig planera med mer än 3 bekämpningsdagar per arbetsvecka för att ha marginal vid dålig väderlek.

Att aggregat med inkapslade öppna lågor ger möjlighet till större arbetskaper och därmed lägre kostnad per ytenhet har nämnts tidigare. Det långsiktiga bekämpningsresultatet, eller varaktigheten från en bekämpning, har däremot inte ökat i någon större utsträckning, genom att använda inkapslade lågor. Detta beror dock på metodens verkningssätt, eftersom värmen bara påverkar den ovanjordiska bladmassan och inte påverkar de underjordiska växtdelarna.

Därför kräver svårbekämpade ogräs som rotoogräs, gräs och ogräs med rosettblad många upprepade behandlingar under säsongen för att successivt tröttas ut. Givetvis kan bekämpningseffekten ökas genom fler behandlingar per år men då stiger också kostnaden per kvadratmeter.

Detta bekräftar 1986 års erfarenheter att termisk ogräsbekämpning är lämpad för skötsel och underhåll och inte för renovering av hårdgjorda ytor.

Den tekniska standarden på aggregaten har höjts något, men fortfarande finns en del brister i val av komponenter och system för gasolförsörjning.

Det sistnämnda innebär att vissa aggregat är nästan omöjliga att köra i kontinuerlig drift, p.g.a. otillräcklig förångningskapacitet i gasolflaskan som leder till att gastrycket försvinner och lågan slocknar. Detta problem kan lösas genom att gasolen tas i vätskefas ur gasolflaskan och förångas antingen i en speciell förångare eller i en vätskefasbrännare som själv förångar gasolen. En tredje variant för att höja förångningskapaciteten är att på ett kontrollerat sätt värma själva gasolflaskan.

Vidare har vi noterat att för att nå en god ekonomi och bra resultat med termisk ogräsbekämpning krävs god kunskap och kännedom hos användarna om metoden och utrustningarna.

Genom 1987 års försöksverksamhet kan vi ändå dra slutsatsen att termisk bekämpning har kommit för att stanna, framförallt som underhållsmetod på sten- och asfaltbelagda ytor samt vid gatkantsten. Det krävs dock ytterligare teknisk utveckling av värmeaggregaten för kontinuerlig drift, förenklad gasolhantering för stora aggregat samt ökad driftssäkerhet och hållbarhet.

I uppdraget har inte ingått att jämföra värmebekämpning av ogräs på hårdgjorda ytor med andra icke-kemiska metoder. Det finns dock en utvecklingspotential inom detta område; t.ex. mekanisk bekämpning med drivna och odrivna harvar eller sladdliknande redskap på grusytor; mekanisk bekämpning genom nötning och sopning på sten- och asfaltbelagda ytor samt termisk bekämpning genom mikrovågor eller kyla på grus-, sten- och asfaltbelagda ytor.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

	sid
1	INLEDNING..... 1
2	ÖVERGRIPANDE FÖRSÖKSMÅL FÖR 1987.....3
3	BAKGRUND - Vad är termisk ogräsbekämpning?.....4
4	FÖRSÖK MED HJULBUREN UTRUSTNING PÅ PLANA YTOR.....6
4.1	Försöksmål
4.2	Försöksplan
4.2.1	Behandlingsstrategins inverkan på skötselstandarden
4.2.1.1	De olika behandlingsstrategierna i försöket
4.2.2	Bekämpningskostnaden per ytenhet och år.....7
4.3	Försöksutrustning
4.3.1	Heatfighter 450
4.4	Behandlingsstrategins inverkan på skötselstandarden.....8
4.4.1	Genomförande
4.4.2	Försöksresultat
4.4.2.1	Stenbelagda ytor.....9
4.4.2.2	Grusbelagda ytor
4.5	Bekämpningskostnaden per ytenhet och år.....10
4.5.1	Genomförande
4.5.2	Försöksresultat
4.5.3	Bekämpningskostnaden för Heatfighter 450 per ytenhet....14
4.5.4	Slutsats: Försök med manuell hjulburen utrustning
5	FÖRSÖK MED HANDBUREN UTRUSTNING16
5.1	Kapacitet och kostnader
5.2	Slutsats: Bekämpningskostnad per kvadratmeter och år
6	FÖRSÖK MED TRAKTORBUREN UTRUSTNING PÅ PLANA YTOR.....17
6.1	Försöksmål
6.2	Försöksplan
6.2.1	Behandlingsstrategins inverkan på skötselstandarden
6.2.1.1	De olika behandlingsstrategierna i försöket.....18
6.2.2	Bekämpningskostnaden per ytenhet och år
6.2.3.	Teknisk studie av tre olika värmeaggregat
6.3	Försöksutrustning
6.3.1	Strålningsvärmeaggregatet.....19
6.3.2	Catter
6.3.3	Agro Dynamic.....20
6.4	Behandlingsstrategins inverkan på skötselstandarden.....21
6.4.1	Genomförande
6.4.2	Försöksresultat.....22
6.5	Bekämpningskostnaden per ytenhet.....23
6.5.1	Genomförande
6.5.2.	Försöksresultat
6.5.3	Slutsats.....24
6.6	Teknisk studie av tre olika gasoldrivna värmeaggregat
6.6.1	Genomförande
6.6.2	Resultat.....25
7	BEKÄMPNINGSKOSTNAD FÖR TRAKTORAGGREGAT PÅ LEKPLATS.....27
7.1	Tidstudie genom videofilmning på lekplats
7.2	Simulering av maskinell bekämpning på lekplats.....29
7.3	Slutsats.....31

8	BEKÄMPNINGSKOSTNAD FÖR TRAKTORAGGREGAT PÅ 2.5 METER BRED GÅNGVÄG	32
8.1	Beräkning av bekämpningskostnaden	
9	OPTIMERING MELLAN TRAKTORAGGREGAT OCH PUTSBEHANDLING...	34
9.1	Exempel.....	35
9.1.1	Traktoraggregatet	
9.1.2	Handaggregatet	
9.1.3	Kostnad för putsbekämpning och totalkostnad.....	36
9.1.4	Slutsats	30
10	PRAKTISKA ERFARENHETER VID ANVÄNDADET AV TERMISK BEKÄMPNING.....	38
10.1	Beräkning av maximal årskapacitet	
10.2	Beräkning av bekämpningskostnad per ytenhet.....	41
11	DISKUSSION OM METODENS FÖRUTSÄTTNINGAR OCH KONKURRENS- KRAFT MOT ANDRA ICKE-KEMISKA METODER.....	42
11.1	Mekanisk bearbetning på grusytor	
11.2	Mekanisk bearbetning på belagda ytor	
11.3	Termisk bekämpning med kyla.....	43
11.4	När är termisk bekämpning ett realistiskt alternativ?...44	
12	FÖRSÖK MED OGRÄSBEKÄMPNING VID KANTSTEN.....	46
12.1	Försöksmål	
12.2	Försöksplan	
12.2.1	Behandlingsstrategins inverkan på skötselstandarden	
12.2.2	Bekämpningskostnaden per meter kantsten per år.....	47
12.3	Försöksutrustning	
12.4	Behandlingsstrategins inverkan på skötselstandarden	
12.4.1	Genomförande	
12.4.2	Försöksresultat.....	49
12.5	Bekämpningskostnad per meter kantsten och år.....	50
12.5.1	Genomförande	
12.5.2	Försöksresultat.....	51
12.5.3	Slutsats: Försök med ogräsbekämpning vid gatkantsten....	52

BILAGOR

- Bilaga 1: Försöksprotokoll
- Bilaga 2: Protokoll för efterkontroll
- Bilaga 3: Protokoll för beräkning av gasolförbrukning
- Bilaga 4: Bekämpningskostnad per kvadratmeter för olika värmeaggregat

1 INLEDNING

Försöksverksamhet med termisk ogräsbekämpning, i Svenska Kommunförbundets regi, har under 1987 fått en betydligt större geografisk spridning än under 1986 då endast Malmö kommun provade metoden.

Malmö använde termisk bekämpning företrädesvis på grusytor under 1986, även om metoden också i viss utsträckning provades på stenbelagda ytor. Den utrustning som användes var traktorburen och använde gasol driven strålningsvärme för upphettning av ogräsen.

Bekämpning av ogräs på trånga ytor, i hörn och trappor samt puts- och punktbehandling utfördes med hjälp av handburen utrustning med öppen gasollåga.

Det sammanfattande resultatet från 1986 års försök var att metoden som sådan fungerade på grusytor, men bekämpningskostnaden per år och ytenhet blev för hög p g a strålningsaggregatets låga arbetskapacitet genom att bekämpningshastigheten var maximerad till 1.5 km/h. Strålningsvärmeaggregatet visas i bild 1.

Vidare var man i stort nöjd med det handburna aggregatets tekniska utförande och bekämpningseffekt vid punkt- och putsbekämpning, även om kostnaden per ytenhet vida översteg det traktorburna systemet med strålningsvärme.

Beskrivning av försöken 1986 samt resultat och erfarenheter därifrån finns redovisade i två rapporter utgivna av Svenska Kommunförbundet:

* "Termisk ogräsbekämpning av hårdgjorda ytor - FÖRSÖKSVERKSAMHET 1986" av Sven-Erik Svensson och Per Nyström

* "Termisk ogräsbekämpning - Rapport från ett seminarium i Malmö den 14 oktober 1986" av Movium

De frågor som inte kunde besvaras genom försöken i Malmö 1986 med strålningsvärmetekniken var:

- Är bekämpningseffekten på ogräsen generell för hela landet ?
- Hur blir bekämpningseffekten på andra ytmaterial än grus ?
- Hur blir bekämpningseffekten under andra väderbetingelser ?
- Hur kan annan teknik, t.ex inkapslade öppna lågor, för värmeöverföringen till ogräsen påverka gasolförbrukning, körhastighet, arbetskapacitet och bekämpningskostnad ?

Därför beslöts av projektgruppen för termisk ogräsbekämpning att försöksverksamheten 1987 skulle breddas genom att fler kommuner utförde försök, att fler varianter och storlekar på teknisk utrustning användes och att bekämpning utfördes på fler ytbeläggningar än grus, som kantsten, smågatsten, m.m.



Bild 1. Strålningsvärmeaggregatet monterat på en Jecaa-redskapsbärare

2 ÖVERGRIPANDE FÖRSÖKSMÅL FÖR 1987

De generella övergripande försöksmålen för 1987 formulerades av projektgruppen med utgångspunkt från 1986 års försök och utmynnade i två huvudpunkter:

- * Att utreda om specificerade behandlingsstrategier ger bestämda bekämpningsresultat och därmed definierade skötselnivåer.
- * Att beräkna bekämpningskostnaden per kvadratmeter och år eller per löpmeter och år, för ny förbättrad teknik beroende på vald behandlingsstrategi.

Förutom att besvara de två övergripande försöksmålen skulle undersökningar med inriktning på tre specifika områden utföras:

- * Försök med manuell hjulburen utrustning på plana ytor med varierande slag av ytmaterial. Dessa försök utfördes i Nybro, Jönköping, Göteborg och Säffle.
- * Försök med traktorburen utrustning på plana ytor med företrädesvis grus som ytmaterial. Jämförelse i bekämpningseffekt mellan värmeöverföring med strålningsvärme och inkapslade öppna lågor. Dessa försök utfördes i Malmö.
- * Försök med manuell hjulburen och traktorburen utrustning för ogräsbekämpning vid kantsten. Dessa försök utfördes i Stockholm och Umeå.

För att få en mer begriplig redovisning av 1987 års försökserfarenheter behandlas ovanstående tre delar i var sitt avsnitt i det följande av rapporten. Här redovisas försöksplaner, försöksmetodik, använd utrustning, genomförande och försöksresultat.

Före redovisningen av 1987 års försöksresultat, ges på nästa sida, en kort bakgrund till metoden och dess verkningssätt, för dem som inte tidigare kommit i kontakt med termisk ogräsbekämpning, eller som behöver en repetition.

3 BAKGRUND - Vad är termisk ogräsbekämpning?

Termisk ogräsbekämpning är namnet på en icke-kemisk bekämpningsmetod, som dödar ogräs med hjälp av värme. Metodens verkningssätt är att värmen skadar växtcellerna, vilket leder till nedvisning av växtens ovanjordiska delar. Rötter och underjordiska utlöpare blir i stort sett opåverkade, eftersom värmen inte hinner tränga ner i marken vid den korta upphettningen.

Värmen skadar plantornas celler på två sätt. Vid en temperatur överstigande 50°C i växten börjar proteinerna i cellerna att koagulera. Vid högre temperatur, $94-110^{\circ}\text{C}$, under minst 0.1 sekunder, sprängs cellväggarna. Den snabba temperaturökningen av cellvätskan leder till en snabb volymutvidgning av cellinnehållet, så att cellväggarna brister.

Cellsprängningen, som anses vara den viktigaste dödande faktorn, orsakar en stor vätskeförlust i plantan. Inom några dagar torkar bladen in mer eller mindre fullständigt, beroende på värmens inträngning och varaktighet. Om tillräckligt många av plantans vitala celler skadas, dör växten.

Man ska inte värma så hårt att växten förbränns eller förkolnar! Det räcker att tillföra så mycket värme att bladen slokar och får en mörkgrön färg, vilket kan liknas vid "kokt spenat". Detta är den enda förändringen som syns direkt efter behandlingen. Effekten av värmebehandlingen kan kontrolleras med "fingertrycksmetoden", genom att man trycker ett blad mellan två fingrar. Om uppvärmningen är tillräcklig bildas ett mörkgrönt "blött" märke efter fingrarna på bladet (se bild 2). Bekämpningseffekten anpassas i praktiken genom ökad eller minskad arbetshastighet.

Olika växter kräver olika stora energimängder och antal behandlingar, för att ett visst bekämpningsresultat skall uppnås. Rotsystemets utseende, bladens tjocklek, tillväxtpunktens placering, förmågan till återväxt m.m. gör växterna mer eller mindre känsliga för värme och avgör behandlingens långtidseffekt. Små fröogräs är generellt lättbekämpade och dör som regel helt av en behandling. Ogräs med rosettaktigt växtsätt och de flesta gräsarterna skjuter dock nya blad. Etablerade rotoogräs vissnar ner, men skjuter alltid nya skott. Fleråriga ogräs och rotoogräs kräver därför upprepade behandlingar för att successivt tröttas ut.

Eftersom uppvärmningen av marken är mycket liten vid termisk bekämpning, är sannolikheten liten för påverkan på ogräsfrö, mikroliv och maskar i jorden. Den måttliga uppvärmningseffekten betyder även att effekten på ogräsfrön på markytan är dålig.

Värmen kan ha både stimulerande och hämmande effekt på ogräsfröns groningsförmåga, beroende på art och ålder. Erfarenheter har visat att hos de flesta arter av ogräsfrö försämras groningen efter termisk bekämpning.

Ytterligare beskrivning av metoder och teknik för termisk ogräsbekämpning finns i en rapport utgiven av Svenska Kommunförbundet:

"Termisk ogräsbekämpning av hårdgjorda ytor - En förstudie om kunskapsläget och kommersiellt tillgängliga utrustningar" av Sven-Erik Svensson.



Bild 2. Fingertrycksmetoden på ett varmt ogräsblad.

4 FÖRSÖK MED MANUELL HJULBUREN UTRUSTNING PÅ PLANA YTOR

Detta delförsök utfördes i Nybro, Jönköping, Göteborg och Säffle. Syftet var att utreda den optimala behandlingsstrategin för termisk ogräsbekämpning, samt utreda kostnaden per ytenhet och år, vid användning av manuell hjulburen utrustning.

4.1 Försöksmål

- * Att utreda om olika behandlingsstrategier ger så stora skillnader i ogräsens "utseende" under vegetationssäsongen, att åtskilda skötselnivåer erhålls på de hårdgjorda ytorna.
- * Att beräkna bekämpningskostnaden per m² och år vid vald behandlingsstrategi.

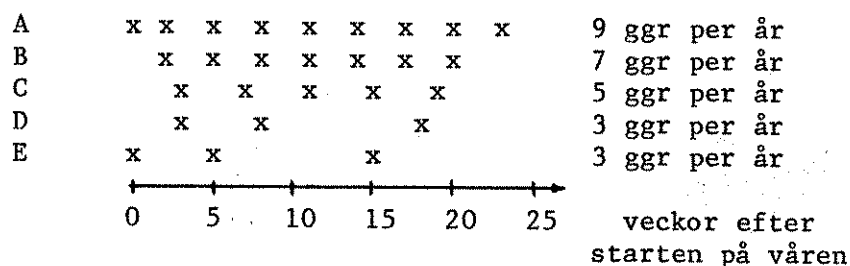
4.2 Försöksplan

4.2.1 Behandlingsstrategins inverkan på skötselstandarden

Hypotesen är att man erhåller specifika skötselnivåer på hårdgjorda ytor genom att använda sig av specificerade behandlingsstrategier. Med hjälp av dessa behandlingsstrategier bör det sedan gå att optimera den termiska bekämpningen med hänsyn till ytornas skötselkrav. I förlängningen medför detta också, att kostnaden för den termiska bekämpningen per ytenhet och år går att beräkna säkrare.

4.2.1.1 De olika behandlingsstrategierna i försöket

Strategin är uppbyggd så att de ytor som kräver hög skötselstandard behandlas tidigt och intensivt på våren. Ytor som har lägre skötselkrav får en senare behandlingsstart och längre tid mellan de inledande värmebekämpningarna.



Olika bekämpningsstrategier

4.2.2 Bekämpningskostnaden per ytenhet och år

Genom uppmätning av gasolförbrukningen och bekämpad areal per timme erhålls kostnaden per m^2 och behandlingstillfälle, eftersom timkostnaden för förare och aggregat är kända. Kostnaden per m^2 och år kan sedan beräknas utifrån vald bekämpningsstrategi genom att multiplicera antalet bekämpningstillfällen med kostnaden per behandling.

4.3 Försöksutrustning

Alla fyra orterna hade samma typ av utrustning vid genomförandet av försöken. Utrustningen var av hjulburen typ, för manuell framdrivning. Namnet på aggregatet är Heatfighter 450. Tillverkning av utrustningen sker vid Emidalprodukter i Staffanstorp, medan försäljning sker genom Primus Svenska AB.

4.3.1 Heatfighter 450

Aggregatet, som från början fanns i en fotogeneldad variant, anpassades för gasoldrift under början av 1987. Denna utveckling gjorde att aggregatet blev betydligt lättare att använda än tidigare bl.a. genom lättare tändning och bränslehantering.

Heatfightern består i princip av tre huvuddelar; ett chassi med fyra luftgummihjul, hållare för en P 11 gasolflaska och en liten vattenspruta; ett handtag för framdrivning och styrning; ett brännarhuvud med 5 gasolmunstycken, se figur 1.

Redskapet har en arbetsbredd på 0.45 meter och förbrukar omkring 5 kg gasol i gasfas per timme, enligt mätningar gjorda av försökskommunerna och uppgifter från säljaren. Detta betyder att aggregatet förbrukar 11 kg gasol per meter arbetsbredd och timme.

Aggregatets vikt är 30 kg utan gasolflaska och omkring 50 kg med en fylld flaska. Längden är 2 m i arbetsläge och 0.8 m hopfäld.



Figur 1. Heatfighter 450

4.4 Behandlingsstrategins inverkan på skötselstandarden

4.4.1 Genomförande

För att få mer erfarenheter bl.a. om bekämpningseffekten är likartad över hela landet, hur effekten blir på andra material än grus och hur inkapslade öppna gasollågor påverkar bekämpningskostnaden, genomfördes försök med hjulburen handkörd utrustning på de fyra tidigare nämnda orterna.

I slutet av april 1987 besöktes försökskommunerna. Under förmiddagarna var det en ren informationsträff och då kunde representanter från andra kommuner också närvara. Under eftermiddagarna besökte vi och valde ut försöksytor samt gick igenom försöksprotokoll och testkörde ett medfört aggregat.

Försöksytorna var av olika slag t.ex. smågatstensbelagda gångar och torg, grusgångar i parker och på lekplatser. Detta gjorde att vi fick en stor variation på ytmaterial, vilket också var önskvärt för att få nya erfarenheter.

Beroende på leveransförseningar av utrustningen kunde inte försöken starta i början på maj som det var tänkt, utan kom igång 2 till 3 veckor senare än planerat.

Sedan visade det sig att en del fel uppstod på utrustningarna vilket gjorde att några kommuner fick hoppa över eller förskjuta, inplanerade bekämpningar. Tillsammans med det regniga vädret

senare under sommaren medförde det att vissa behandlingsstrategier inte kunde fullföljas på samtliga orter.

Vid varje bekämpningstillfälle ifylldes ett bekämpningsprotokoll för varje försöksyta, där bl.a. väderlek, ogräsarter och ogräsförekomst samt tidsåtgång noterades, se bil. 1. Efter några dagar besiktigades ytan för en bedömning av resultatet och ytans skötselstatus. Noteringar gjordes på baksidan av det protokoll som användes vid bekämpningen, för att lättare kunna följa vad som skett med ogräsen, se bil. 2.

Under sommaren gjordes ett nytt besök hos kommunerna för fotografering och besiktning av ytorna efter några bekämpningar. Detta för att få en jämförbar bild av hur effektiv metoden är under varierande förhållanden.

I slutet av oktober, efter det att bekämpningarna slutförts för året, träffades vi på nytt för att gemensamt gå igenom erfarenheterna från försöket. Här diskuterades både bekämpningseffekten på olika ogräs och ytmaterial samt ekonomiska, tekniska och arbetsmiljöfrågor.

4.4.2 Försöksresultat

Efter genomförandet av de 5 bekämpningsstrategierna, A-E, enligt försöksplanen i avsnitt 4.2.1.1 följde utvärdering. Med hjälp av ifyllda protokoll, löpande besiktningar av ytorna, samt fotografier konstaterades att behandlingsstrategin hade tydlig inverkan på bekämpningsresultatet.

4.4.2.1 Stenbelagda ytor

På stenbelagda ytor som smågatsten, betongplattor m.m. gav strategi C, med totalt 5 behandlingar var fjärde vecka, ett gott bekämpningsresultat och en god stötselstandard.

Enligt strategi C startades bekämpningarna i mitten av maj och pågick under 16 veckor fram till mitten av september. Denna strategi skall ses som en miniminivå för stenbelagda ytor.

Angående olika ogräsarters överlevnadsförmåga efter värmebekämpningen kunde vi liksom i tidigare försök konstatera att kvickrot, maskros, groblad, vitgröe m.fl. är svårbekämpade, medan trampört, våtarv, baldersbrå och målla är lätta att bekämpa.

4.4.2.2 Grusbelagda ytor

På grusbelagda ytor som gångvägar, lekplatser m.m. visade det sig behövas betydligt fler behandlingar för att nå samma bekämpningsresultat och skötselstandard som på de stenbelagda ytorna.

För att nå ett godtagbart resultat på grusytorna behövdes minst 7 behandlingar, enligt strategi B i försöksplanen. Givetvis blir bekämpningsresultatet och skötselstandarden ännu bättre genom att använda strategi A.

Accepteras ett "grönare utseende" på ytorna, med lågväxande

ogräs, som ger ytan ett skött utseende krävs 5 bekämpningar, enligt strategi C i försöksplanen.

Den dåliga sommaren med mycket regn har ökat ogrästillväxten och försämrat bekämpningseffekten. I Nybro som inte fått lika mycket regn under sommaren, kunde vi se att bekämpningsresultatet var något bättre jämfört med de andra försökskommunerna. Eventuellt medför detta att antalet behandlingar per år kan minskas något vid torrare väderleksförhållanden.

4.5 Bekämpningskostnaden per ytenhet och år

4.5.1 Genomförande

Bekämpningskostnaden per kvadratmeter går att beräkna när värmeaggregatets praktiska kapacitet och gasolförbrukning per timme är kända. Andra faktorer som påverkar kalkylen t.ex. transporter samt kostnad för förare och aggregat är redan kända.

Den praktiska kapaciteten beräknas med hjälp av försöksprotokollen där uppgifter om tidsåtgången för bekämpningsarbetet finns noterade, se bil. 1. Timkapaciteten fås genom att dividera försöksytans storlek med tiden.

Gasolförbrukningen mäts genom att flaskorna vägs före en bekämpning omfattande minst 30 minuter. Genom att notera driftstiden och sedan räkna ut viktnedskningen för denna tid så kan man räkna ut gasolförbrukningen per timme, se bilaga 3. Gasolpriset per kg och aggregatets förbrukning ger den direkta gasolkostnaden per tim.

Nu är alla faktorer kända för att kostnaden per ytenhet och behandling skal kunna bestämmas. Genom att multiplicera med antalet bekämpningar per år fås årskostnaden per ytenhet.

4.5.2 Försöksresultat

Avgörande för bekämpningskostnaden per ytenhet är det hjulburna aggregatets effektiva timkapacitet samt kostnaden per timme för hela systemet. Tiden för värmebehandlingarna av försöksytorna noterades i protokollen, vilket gjorde att timkapaciteten kunde beräknas eftersom försöksytornas storlek var kända.

Den praktiska timkapaciteten för Heatfighter 450 har med hjälp av detta underlag kunnat beräknas till omkring 700 kvadratmeter. De enskilda värdena hade dock en spridning från 350 till 1 200 kvadratmeter per timme, vilket kan förklaras med bl.a. varierande ytstorlekar, ytmaterial, fuktighetsförhållande och förare.

Gasolförbrukningen är en annan faktor som påverkar kostnaden. Förbrukningen, för Heatfighter 450, mättes upp av försökskommunerna och låg i genomsnitt på 5 kg per timme. Med ett medelpris på 8 kr per kg beräknas kostnaden till 40 kr per timme.

Timkostnaden för systemet är beräknad till 200 kr. Föraren med arbetsledningsspåslag svarar för 120 kr; bil med släp fördelat på två man (en använder det hjulburna redskapet och den andre utför putsbekämpning) 20 kr; det hjulburna aggregatet 20 kr och gasolen 40 kr. Kostnaden för detta bekämpningssystem i relation till

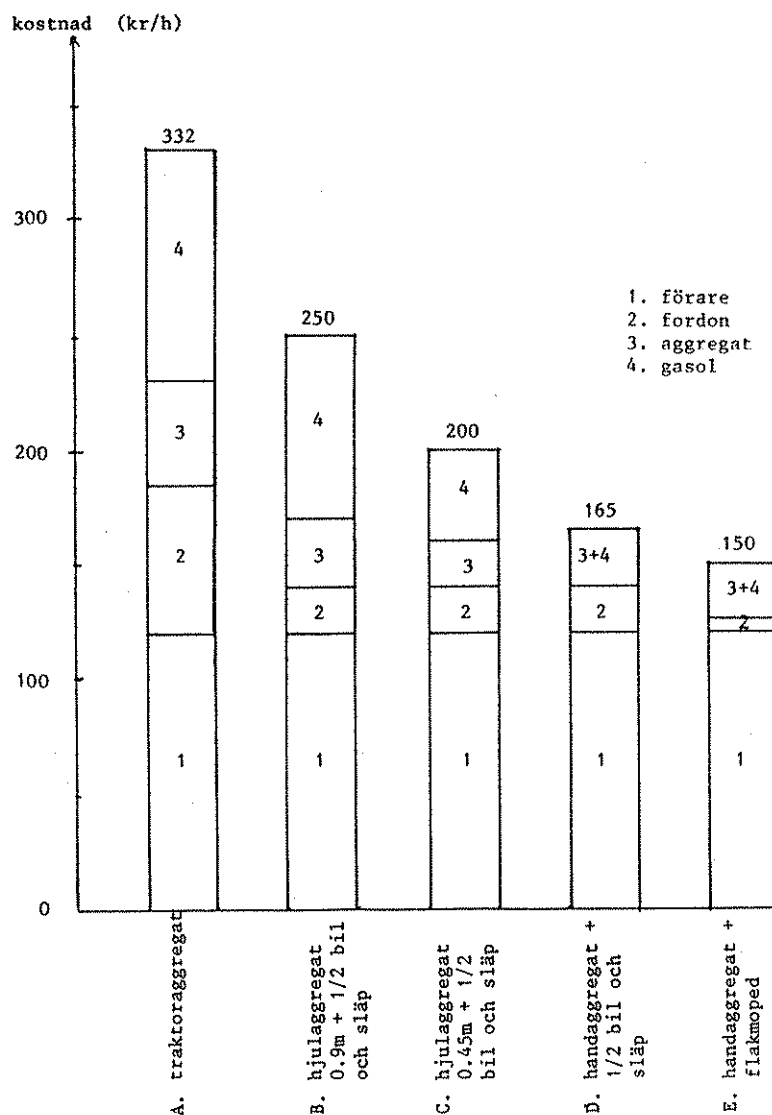
de andra utrustningarnas kostnader finns åskådliggjort i figur 2.

Kostnaden per kvadratmeter kan nu beräknas till 0.29 kr vid en effektiv arbetskapacitet på 700 kvadratmeter per timme när timkostnaden är 200 kr, ($200 / 700 = 0.29$).

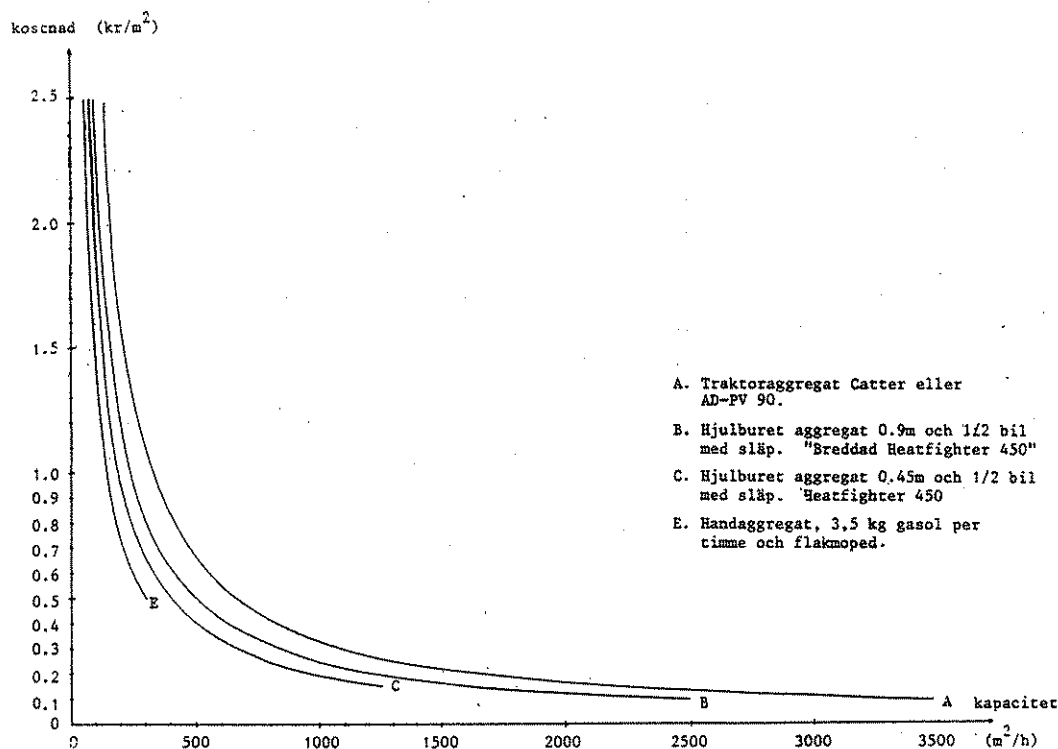
I figur 3, samt i bilaga 4, visas det hjulburna aggregatets kostnad per kvadratmeter vid varierande praktiska timkapaciteter. Detta medför att vi enkelt kan få kostnaderna vid andra effektiva arbetskapaciteter genom att följa kurvan i diagrammet. I detta diagram visas även de andra maskinsystemens kostnader per kvadratmeter vid varierande arbetskapaciteter.

Ovanstående kalkyl för beräkning av kostnaderna per kvadratmeter samt kostnaderna i figur 2 och 3 bygger på att alla de 8 timmarna under en arbetsdag används för effektivt arbete.

Nu är det ju praktiskt omöjligt att nå upp till 100% effektiv arbetstid, eftersom transport, tankningsarbete, gaslastning ingår i arbetstiden. Detta resonemang innebär att vi måste korrigera kostnaderna efter hur mycket tid som är "kringtid", dvs tid som åtgår för tankning, transport, förberedelser, avslutning m m.



Figur 2. Totalkostnad per timme för olika typer av värmeaggregat.

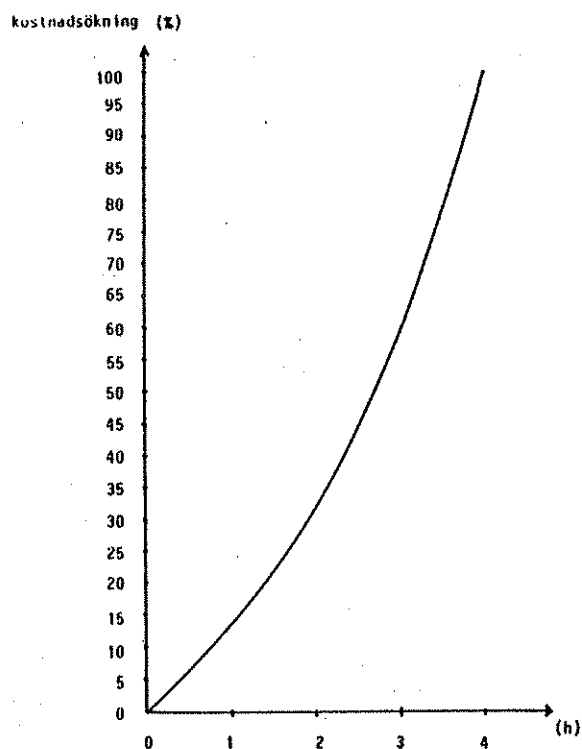


Figur 3. Bekämpningskostnad per m^2 vid varierande arbetskapaciteter för fyra olika typer av värmeaggregat. Beräknat på 100% effektiv arbetstid.

Av timkostnaden 200 kr är det endast gasolkostnaden på 40 kr (20%) som är rörlig. Resterande kostnader på 160 kr är fasta. Detta innebär att vi kan använda kostnaden på 200 kr per timme som utgångspunkt vid korrigering för kringtid, utan att göra några större fel i kalkylen, eftersom kringtiden ändå är svår att mäta exakt i timmar och minuter.

Genom att redovisa kostnaderna på detta sätt, utan uppräknig för kringtid, kan man enkelt beräkna kostnadsökningen i sin egen förvaltning när man uppskattat andelen kringtid beroende på transporter m.m, se figur 4 och tabell 1.

Antag att kringtiden är två timmar per dag. Då ökar kostnaden med 33% per bekämpad ytenhet. Utgår vi från att det kostade 0.29 kr per kvadratmeter blir den verkliga kostnaden 0.39 kr per kvadratmeter och behandlingsomgång, ($0.29 \times 1.33 = 0.39$)



Figur 4. Kostnadsökning i % vid 0 till 4 timmars kringtid per 8 timmars arbetsdag.

Formel: Beräkning av kostnadsökning uttryckt i % då kringtiden x varierar från 0 till 8 timmar för en arbetsdag omfattande 8 timmar.

$$100 \cdot \frac{8}{8 - x} - 100 = \quad \%$$

Exempel: Två timmars kringtid ger följande kostnadsökning.

$$100 \cdot \frac{8}{8 - 2} - 100 = 33 \%$$

Tabell 1. Kostnadsökning i % vid 0.5 till 4 timmars kringtid

Kringtid timmar	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0
Kostnadsökning %	7	14	23	33	45	60	78	100

I figur 4 visas hur stor kostnadsökningen blir i % vid kringtid varierande från 0 till 4 timmar per dag. Eftersom kringtiden varierar mycket från förvaltning till förvaltning bl.a. beroende på transportavstånd och arbetsuppläggning, har vi valt att presentera kostnaderna i figur 2 och 3 "rensade" som om man effektivt kunde utnyttja tiden till 100%. I rapportens fortsättning räknar vi dock med 2 timmars generell kringtid, vilket ger 33% kostnadsökning.

4.5.3 Bekämpningskostnaden för Heatfighter 450 per ytenhet och år

Med utgångspunkt från resultatet i föregående avsnitt erhålls en årskostnad på 1.95 kr per kvadratmeter för en stenbelagd yta som ges 5 behandlingar för att nå lägsta godtagbara skötselstandard, ($5 \times 0.39 = 1.95$). Motsvarande kostnad för en grusyta blir 2.70 kr eftersom denna behöver minst 7 behandlingar för att nå samma skötselstandard.

4.5.4 Slutsats: Försök med manuell hjulburen utrustning

Försöket visar att det årligen behövs minst 5 värmebehandlingar, enligt strategi C i försöksplanen i avsnitt 4.2.1.1, för att nå en minsta godtagbar skötselstandard på en stenbelagd yta. Grusytor behöver för motsvarande standard 7 behandlingar, enligt strategi B i försöksplanen.

Kostnaden för varje behandling med aggregatet Heatfighter 450 är beräknad till 0.39 kr per kvadratmeter vid en arbetskapacitet på 700 kvadratmeter per timme, när timkostnaden är 200 kr och kringtiden 2 timmar under en 8 timmars arbetsdag.

Detta ger bekämpningskostnader på ca 1.95 kr per kvadratmeter och år för stenbelagda ytor och 2.70 kr för grusytor. Dessa kostnader har försökskommunerna sett som acceptabla i jämförelse med manuella metoder.

Samtidigt har flera personer fört fram önskemål om ett bredare aggregat som därmed också skulle sänka behandlingskostnaden. I figur 2 representeras timkostnaden för ett sådant aggregat av stapel B och kostnaden för Heatfighter 450 av C. Här kan vi se att timkostnaden ökar med 50 kr, för ett dubbelt så brett aggregat. Samtidigt kan vi se i figur 3 att den teoretiska kapaciteten fördubblats från 1 250 m² enligt kurva C till 2 500 m², enligt kurva B. Under förutsättning att ett sådant aggregat är lika lätthanterligt som det mindre och ytorna är relativt stora så att aggregatet kan komma fram utan problem, beräknas kostnaden per kvadratmeter sjunka med omkring 0.15 kr till 0.25 kr per behandling.

Den praktiska arbetskapaciteten för Heatfighter 450 uppgår, som nämnts tidigare, till omkring 700 kvadratmeter per timme, vilket medför att detta aggregat kan behandla omkring 4 000 kvadratmeter per dag under 6 effektiva arbetstimmar.

Per vecka skulle aggregatet kunna behandla omkring 20 000 kvadratmeter om termisk ogräsbekämpning inte vore beroende av torr väderlek för att ge bra effekt. Om man räknar med i genomsnitt 2 till 2.5 regndagar per arbetsvecka reduceras veckokapaciteten till omkring 12 000 kvadratmeter.

Eftersom de hårdgjorda ytorna måste behandlas var 3:e vecka så kan varje Heatfighteraggregat användas för kontinuerlig ogräsbekämpning under hela säsongen på en areal av omkring 35 000 kvadratmeter. I tabell 5 i avsnitt 10.1 jämförs med andra typer av aggregat.

Motsvarande kapacitetssuppgifter för ett aggregat med dubbel arbetsbredd beräknas bli omkring 50-60 000 kvadratmeter.

5 FÖRSÖK MED HANDBUREN UTRUSTNING

5.1 Kapacitet och kostnader

Den maximala arbetshastigheten för handburen utrustning är vid torra förhållanden och relativt stora ogräs 1.5 till 2.0 km/h, vilket motsvarar 25 till 30 m per minut.

Arbetsbredden för denna typ av utrustning är omkring 0.15 meter. Detta ger en teoretisk arbetskapacitet av 200 till 300 kvadratmeter per timme, vilket motsvarar 3.5 till 5 kvadratmeter per minut.

Den praktiska arbetskapaciteten reduceras på grund av överlappning, hinder, flyttning av gasolkärre samt att man vid manuellt bekämpningsarbete lätt dröjer kvar för länge vid de enskilda ogräsen.

Försök i Säffle har visat att den praktiska timkapaciteten ligger runt 150 kvadratmeter per timme. Utgår vi från att den teoretiska kapaciteten är 250 kvadratmeter per timme får vi 60% utnyttjande av maximal kapacitet och 40% spilltid. Detta får ses som normalt bland annat med tanke på att det är mycket svårt att hålla överlappningen på en, jämfört med traktorburen eller hjulburen utrustning, låg nivå. Dagskapaciteten kan beräknas till 1 000 kvadratmeter, vilket ger möjlighet till skötsel av ca 7 500 kvadratmeter per år och aggregat, se avsnitt 10.1.

Eftersom timkostnaden för bekämpning med handbrännare beräknas vara 150 kr, se fig. 2, och timkapaciteten enligt ovan är 150 kvadratmeter, kostar varje kvadratmeter 1 krona att bekämpa vid varje behandlingstillfälle, se kurva E i fig. 3. Denna kostnad är inte uppjusterad för kringtid i form av transport, gaslastning o. dyl. Är kringtiden två timmar under en åtta timmars arbetsdag görs en uppjustering med 33% av kostnaden.

5.2 Slutsats: Bekämpningskostnad per kvadratmeter och år

Slutsatsen blir att det kostar 1.33 kr/kvadratmeter och bekämpningstillfälle med den handburna utrustningen vid en timkapacitet på 150 kvadratmeter. Med i genomsnitt 7 bekämpningar per år på grusytor fås en årskostnad på 9.30 kr/kvadratmeter. För en stenbelagd yta med omkring 5 behandlingar per år, blir årskostnaden 6.65 kr/kvadratmeter.

6. FÖRSÖK MED TRAKTORBUREN UTRUSTNING PÅ PLANA YTOR

I detta försök, utfört av Malmö gatukontors parkavdelning, skulle den optimala bekämpningsstrategin och bekämpningskostnaden utredas i ett s.k. stordriftsförsök.

En begränsad teknisk studie av tre olika värmeaggregat skulle också genomföras. Försöksmålen för malmöförsöken 1987 skiljer sig därför från det första delförsöket genom tillägget av den tekniska studien, se nedan.

6.1 Försöksmål

- * Att utreda om olika behandlingsstrategier ger så stora skillnader i ogräsens "utseende" under vegetationssäsongen, att bestämda skötselnivåer erhålls på de hårdgjorda ytorna.
- * Att beräkna bekämpningskostnaden per kvadratmeter och år för valda behandlingsstrategier.
- * Att genom en teknisk studie av tre olika gasoldrivna värmeaggregat; Agro Dynamic, Catter och Malmös strålningsvärmeaggregat från 1986, utreda redskapens lämplighet för ogräsbekämpning på hårdgjorda ytor samt deras totalkostnader per kvadratmeter behandlad yta vid maximal arbetshastighet.

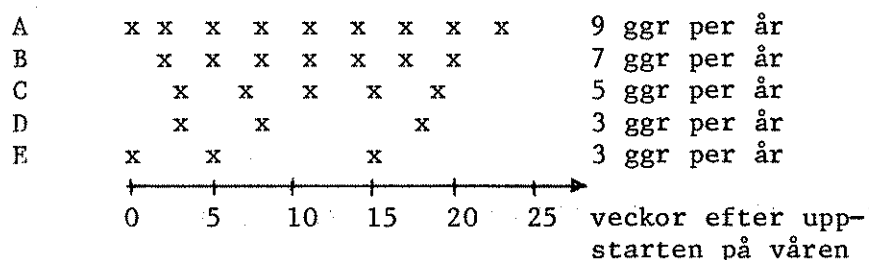
6.2 Försöksplan

6.2.1 Behandlingsstrategins inverkan på skötselstandarden

Hypotesen är att man erhåller specifika skötselnivåer på hårdgjorda ytor genom att använda sig av bestämda behandlingsstrategier. Med hjälp av dessa behandlingsstrategier bör det sedan gå att optimera den termiska bekämpningen efter ytornas skötselkrav. I förlängningen medför detta också, att kostnaden för den termiska bekämpningen per ytenhet och år går att beräkna säkrare.

6.2.1.1 De olika behandlingsstrategierna i försöket

Strategin är uppbyggd så att de ytor som kräver hög skötselstandard behandlas tidigt och intensivt på våren. Ytor som har lägre skötselkrav får en senare behandlingsstart och längre tid mellan de inledande värmebekämpningarna.



Olika bekämpningsstrategier

6.2.2 Bekämpningskostnaden per ytenhet och år

Genom uppmätning av gasolförbrukningen och bekämpad areal per timme för maskinsystemet erhålls kostnaden per m² och behandlingstillfälle, eftersom timkostnaderna för förare, traktor och aggregat är kända. Kostnaden per m² och år kan sedan beräknas utifrån vald bekämpningsstrategi genom att multiplicera antalet bekämpningstillfällen med kostnaden per behandlingsomgång.

6.2.3 Teknisk studie av tre olika värmeaggregat

Utländska erfarenheter visar att energiförbrukningen vid konstant bekämpningseffekt är högre vid användandet av strålningsvärme jämfört med inkapslade öppna lågor.

Huruvida värmeaggregat med inkapslade öppna lågor har bättre driftsekonomi, dels genom lägre gasolförbrukning per ytenhet p.g.a. bättre verkningsgrad och dels genom möjlighet till större maskinkapacitet p.g.a. högre arbetshastighet testades genom en jämförande studie mellan tre olika aggregat.

Genom att kontrollera bekämpningseffekten av värmebehandling vid olika konstanta arbetshastigheter kan bekämpningseffekten kopplas till en minsta nödvändig gasolförbrukning per ytenhet. Gasolförbrukningen per ytenhet beräknas genom att dividera aggregatens uppmätta gasolförbrukning per timme med bekämpad areal per timme.

På detta sätt kan man finna det aggregatet som ger den bästa ogräseffekten i förhållande till gasolförbrukning per kvadratmeter. Därmed har vi också funnit det aggregat som har bäst verkningsgrad.

6.3 Försöksutrustning

Det strålningsvärmeaggregat som användes under 1986 utnyttjades också under hela säsongen 1987 i stordriftsförsöket. Under senare halvan av sommaren, ungefär från månadsskiftet juli - augusti,

kom ännu ett aggregat i användning på Malmös grusytor. Det var ett aggregat med inkapslade öppna gasollågor. Aggregatet kommer från Holland och har namnet Catter. Båda aggregaten har ställts till förfogande av Primus Svenska AB.

6.3.1 Strålningsvärmeaggregatet

Redskapet som snarare är att betrakta som en funktionsmodell än en prototyp byggdes 1986 och består av 16 st. separata gasoldrivna strålningsvärmare av fabrikat Fiamma. Strålningsvärmarna är upphängda i en lågbyggd ram med rullar fram och bak för bra markföljsamhet.

Strålningsvärmeaggregatet är relativt stort, 1.5 m brett och ca 2 m långt. Redskapet är byggt för frontmontage på traktor eller redskapsbärare, vilket ger god sikt vid bekämpningsarbetet.

De 16 strålningsvärmarna förbrukar enligt Statens Maskinprovningar tillsammans 17.6 kg gasol per timme, eller 12.6 kg gasol per meter arbetsbredd och timme, vid 1.6 bars gasoltryck.

Eftersom gasolen förbrukas i förångad form av strålningsvärmarna, krävs ett stort gasolpaket, P 250, för att klara av den kontinuerliga förångningskapaciteten på 17.6 kg per timme. Detta gasolpaket består av 6 st P 45 gasolflaskor monterade på en vanlig SJ-pall.

Pallen med gasol har en maximal vikt av 650 kg när flaskorna är fyllda och är relativt skrymmande. Det betyder att de traktorer som i vanliga fall används i kommunal parkskötsel inte har tillräckligt stor lastyta och i många fall inte heller tål belastningen. Därför används en redskapsbärare från Jecaa som både har stor lastyta och bra lastförmåga. Vidare har Jecaa en relativt låg lasthöjd, vilket ger en låg tyngdpunkt. Detta är viktigt eftersom gasolpallen med flaskor och gasolinstallationer är ca 1.6 m hög.

Pallens höjd medför att sikten bakåt begränsas nästan helt, vilket är en mycket stor nackdel vid backningsmanövrar med redskapsbäraren t.ex. på lekplatser och andra ytor där människor vistas.

6.3.2 Catter

Från och med slutet av juli månad kunde detta aggregatet köras i försöket. Catteraggregatet använder en helt annan princip vid värmeöverföringen till ogräsen än strålvärmeaggregatet. Med hjälp av öppna gasollågor bildas ett "eldhav" under en isolerad kapsling. Detta eldhav eller snarare förbränningsgaserna från gasolen upphetar ogräsen och en perforerad stålplåt under kapslingen, i vilken en del av värmeenergin i förbränningsgaserna omvandlas till strålningsvärme. Avgaserna leds sedan längre bak under kapslingen för att så småningom föras ut i fria luften där resterande mängd värmeenergi går förlorad. Förbränningsgasflödet i värmeaggregatet är riktat bakåt mot traktorn.

Catteraggregatet är relativt smidigt med en bredd på ca 1.2 m. och längd på ca 1.4 m. Aggregatet är avsett för frontmontage på traktor eller redskapsbärare och har rullar längst fram för mark-

följsamheten, se bild 3.

Gasolbrännarna som är 4 till antalet, är av stavbrännartyp och ca 60 cm långa. De sitter två och två, efter varandra, längst fram på maskinen, vinkelrätt mot maskinens längdriktning. De är monterade symmetriskt längs aggregatets längdaxel.

Varje stavbrännare har en mängd små hål där gasen stömmar ut. Lågan från stavbrännarna har blå färg när gas-luftblandningen är den rätta. Gasollågans färg påminner om lågan från en gasspis. Luftinblandningen går att justera med en enkel hylsa för bästa förbränning och gasolekonomi.

Catteraggregatets gasolbrännare kräver, liksom strålningsvärmeaggregatet, gasol i förångad form. De 4 brännarna förbrukar tillsammans 15.4 kg gasol per timme vid ett inställt regulatortryck på 2 bar. Detta ger en förbrukning av ca 12.8 kg gasol per meter arbetsbredd och timme. Det betyder att även här behövs ett stort gasolpaket, P 250, för tillräcklig förångningskapacitet.

Catteraggregatet är monterat på en konventionell redskapsbärare, Holder C 500. Även på denna redskapsbärare finns ett lastflak monterat ovanpå den midjestyrd traktorns motordel.

Lastflaket tål belastningen från gasolpaketet, men sitter för högt upp och ger för hög tyngdpunkt om SJ-pallen skulle anbringas där. Även sikten bakåt blir helt skymd i ett sådant läge. I stället har man valt att parallellkoppla 11 st P 11 flaskor för att öka förångningskapaciteten. Denna lösning ser ut att ha tillräcklig förångningskapacitet trots att gasollasten är halverad jämfört med Jecaa. Holdermotorns värmeavgivning genom kylluft och avgaser gör att gasuttaget ur flaskorna kan höjas per tidsenhet. Dessutom bör det större antalet flaskor höja förångningskapaciteten genom att de 11 P11-flaskorna har större värmeöverförande yta än de 6 P45-flaskorna på SJ-pallen, vilket också höjer det möjliga gasoluttaget.

6.3.3 Agro Dynamic PV 90

Agro Dynamicaggregatet, av typ AD-PV 90, var inlånat från Ute-tjänst AB i Bjuv. Aggregatet är 0.9 m brett, ca 1.8 m långt. Redskapet är frontmonterat på en Holder C 500 samt försett med pivotupphängda gummihjul längst fram för god markföljsamhet. Se bild 3.

Värmeöverföringen sker, liksom på Cattern, genom att de heta förbränningsgaserna upphetar ogräsen direkt samt indirekt genom strålningsvärme, eftersom en perforerad stålplåt blir glödgad under den isolerade kapslingen. Avgasflödet är riktat från traktorn mot redskapets front där ett "avgasrör" leder gaserna uppåt. Principen för värmeöverföringen till ogräset är därför lika i de båda aggregaten med det undantaget att gasflödet under inkapslingarna är riktade åt olika håll, framåt på Agro Dynamic och bakåt på Cattern.

Den största och viktigaste skillnaden mellan de båda värmeaggregaten är att Agro Dynamic är utrustat med vätskefasbrännare, medan Cattern har brännare för gasol i gasfas. Agro Dynamicaggregatet har femton brännare som sitter monterade längst bak på redskapet, närmast traktorn. Aggregatet kan ha fem, tio eller

femton brännare tända åt gången. Maskinen kan därför sägas ha tre sektioner, där varje sektion är 30 cm bred, vilket betyder att maskinen kan arbeta med reducerad arbetsbredd. När alla brännarna är i gång förbrukar aggregatet ca 12 kg gasol per timme vid 2 bars gasoltryck. Detta medför att aggregatet förbrukar ca 13.3 kg gasol per meter arbetsbredd och timme. Gasolen leds i flytande form till brännarna. Förångning av gasolen sker i själva brännarna. Detta betyder att gasolförsörjningen klaras genom montering av en eller flera gasolflaskor med vätskeuttag direkt på aggregatet. Genom Agro Dynamics system med vätskebrännare och motorgasflaskor undviks skrymmande gasolpallar eller behovet av många parallellkopplade gasolflaskor. Aggregatet är utrustat med pilotlåg och tändsäkringsanordning som automatiskt stänger gasolvätsketillförseln om lågan slocknar.



Bild 3. Agro Dynamic PV 90 till vänster, Catter till höger.

6.4 Behandlingsstrategins inverkan på skötselstandarden

6.4.1 Genomförande

För att utreda den termiska ogräsbekämpningens inverkan på grusytors skötselstandard behandlades 10 ytor i de östra delarna av Malmö. Varje yta behandlades enligt en av de fem olika behandlingsstrategierna. Se den tidigare beskrivna försöksplanen.

Starten av bekämpningsarbetet skedde den 11 maj, med strålningsvärmeaggregatet från 1986. Detta aggregat användes därefter på alla försöksytorna under hela säsongen. Leveransen av Catteraggregatet var försenat. Det var dessutom försett med en underdimensionerad slangbrottsventil, vilket medförde att aggregatet inte gav tillräcklig bekämpningseffekt.

Behandlingsprogrammet kunde genomföras enligt försöksplanen med en del mindre förskjutningar p.g.a. den regniga sommaren. Vid varje behandling noterades faktorer som väderlek, ogräs, tidså-

gång m.m. i ett protokoll. På protokollets baksida noterades sedan vid en efterkontroll bekämpningsresultatet. Vid efterkontrollen fotograferades ytan i de flesta fall. Protokollens utformning kan studeras i bil. 1 och 2.

Under sommaren besöktes försöksytorna vid ett flertal tillfällen, tillsammans med personal från Malmö gatukontor.

Dessa besök var av stor vikt eftersom varje bekämpningsstrategi användes på endast två försöksytor. Det var inte möjligt att upprepa varje strategi på flera ytor med olika förhållanden. Detta försvårade utvärderingen eftersom det i princip alltid är skilda förhållanden på olika platser med tanke på ogräsflora, fuktighet, näringsinnehåll i mark m.m. Det optimala hade varit att köra hela försöksserien parallellt på 2 till 3 olika platser för att få ett säkrare resultat. Så var fallet i försöket med manuell hjulburen utrustning, vilket gav säkrare resultat.

6.4.2 Försöksresultat

Den uppställda försöksplanen kunde genomföras trots att sommaren var mycket regnig i Malmö. En del bekämpningar fick dock utföras vid andra tidpunkter än de ursprungligen planerade. Det totala antalet bekämpningar för de fem bekämpningsstrategierna med strålningsvärmeaggregatet kunde dock genomföras.

Sammanfattningsvis kan angående behandlingsstrategins inverkan på skötselstandarden sägas att de båda varianterna D och E med 3 behandlingar samt C med 5 behandlingar, se försöksplanen i avsnitt 6.2.1.1, inte gav en acceptabel skötselstandard på grusytor under 1987. Samma erfarenhet har de kommuner i Skåne som anlitat entreprenör. Även entreprenören själv anser att 4-5 behandlingar varit i minsta laget på grusytor under 1987.

I Malmö testades också 7 och 9 behandlingar, strategi B respektive A. Här kunde man se ett bättre bekämpningsresultat på de, av värme, lättbekämpade ogräsen. De svårbekämpade, som maskros, vitgröe, groblad och svartkämpar hade dock klarat sig relativt bra och såg mycket livskraftiga ut på höstkanten efter både 7 och 9 behandlingar.

Att vissa ogräs överlevt alla behandlingarna under 1987 beror på fyra faktorer:

- Att ytorna hade ett dåligt utgångsläge med relativt mycket och väletablerade ogräs av svårbekämpad art.
- Att tiden mellan bekämpningarna varit för lång under ogräsens tillväxtperiod.
- Att infravärmeaggregatet har relativt dålig effekt på ogräs med rosetliknande växtsätt som t.ex. maskros.
- Att sommaren haft långa blöta perioder, vilket stimulerat ogrästillväxten och förskjutit bekämpningsarbetet.

Sommarens erfarenheter visar att två av dessa problem kan elimineras genom att byta ut strålningsvärmeaggregatet mot ett aggregat med inkapslade öppna lågor. Vidare bör man använda en mer

flexibel bekämpningsstrategi, så att man bekämpar ogräsen när de åter nått en storlek på 2 till 3 cm.

Ett förslag är att den person som utfört bekämpningen med den traktorburna utrustningen, besöker ytan drygt en vecka senare för att putsbekämpa de delytor som lämnats obehandlade av det stora aggregatet. Samtidigt kan punktbekämpningar av svårbekämpade ogräs utföras, samt en bedömning göras när nästa bekämpning behöver utföras. Vidare blir ett sådant system stimulerande genom större ansvarstagande och mer omväxlande arbetsuppgifter.

6.5 Bekämpningskostnaden per ytenhet

6.5.1 Genomförande

Bekämpningskostnaden per kvadratmeter erhålls när värmeaggregatens praktiska kapacitet och gasolförbrukning per timme har beräknats, eftersom timkostnaderna för förare traktor och redskap är kända. Den praktiska maskinkapaciteten beräknades både genom tidsstudier och genom att låta föraren själv ta tiden för behandlingen av de uppmätta ytorna i försöket.

Tidsåtgången för varje enskild behandling av försöksytorna noterades i försöksprotokollet. Detta gav underlag för beräkning av den praktiska bekämpningskapaciteten per timme, eftersom varje yta behandlades minst 3 ggr. I bil. 1 visas protokollet för redovisning av bl.a. tidsåtgången.

När den praktiska bekämpningskapaciteten för maskinsystemet erhållits återstår därefter att mäta gasolförbrukningen per timme. Därefter kan priset per ytenhet för varje bekämpningstillfälle beräknas.

Gasolförbrukningen mäts genom att gasolflaskorna vägs före och efter en körning omfattande minst 30 minuter. Med känd driftstid kan gasolförbrukningen per timme sedan beräknas. En sådan mätning bör göras minst två gånger under en säsong för att kontrollera aggregatets funktion. I bil. 3 finns ett protokoll för beräkning av gasolförbrukningen per timme.

6.5.2 Försöksresultat

Eftersom traktorföraren själv även utförde all putsbekämpning på försöksytorna blev arbetskapaciteten för maskinsystemet i många fall mycket låg. På en del försöksytor tog putsarbetet längre tid än den maskinella bekämpningen. Detta resulterade i mycket höga kostnader per kvadratmeter bekämpad yta. Studera kurva A i figur 3 (avsnitt 4.5.2) och se hur kostnadskurvan stiger brant vid arbetskapaciteter under 1 000 kvadratmeter per timme.

Genom att studera en videoinspelad tidsstudie på en relativt komplicerad lekplats visade det sig att det går att höja kapaciteten om traktorföraren inte utför putsarbetet. Med detta underlag kunde vi även simulera ett mer rationellt körsätt.

Vidare kunde vi beräkna maskinkapaciteten för två typer av ytor; gångvägar av olika längd samt en bollplan. I beräkningen för bollplanen ingår även putsarbete. Den visar att det aldrig kan bli ekonomiskt att låta traktorföraren utföra putsarbetet. Be-

räkningar, kalkyler och simulering finns i kapitel 7.

Ovan nämnda kalkyler och beräkningarna visar att genom rationellt utnyttjande av maskinsystemet blir kostnaden per kvadratmeter och behandlingstillfälle 0.20 till 0.25 kr. I dessa siffror ingår då 33% tillägg för transport m.m. samt kostnader för putsarbete.

6.5.3 Slutsats

Genom att utgå från ett genomsnittspris på 0.225 kr per kvadratmeter och behandling erhålls en minimikostnad för grusytor på 1.6 kr per kvadratmeter och år vid 7 behandlingar. För stenbelagda ytor med 5 behandlingar per år blir kostnaden 1.15 kr per kvadratmeter och år.

6.6 Teknisk studie av tre olika gasoldrivna värmeaggregat

6.6.1 Genomförande

För att utreda vilken värmeöverföringsteknik som ger den bästa driftsekonomin gjordes en jämförande studie av tre värmeaggregat. De tre aggregat som användes i försöket var Agro Dynamic, Catter och strålningsvärmeaggregatet.

Eftersom alla tre aggregaten förbrukar ca 13 kg gasol per meter arbetsbredd och timme kan ogräsbekämpningseffekterna direkt jämföras under förutsättning att alla tre maskinerna håller exakt samma körhastighet. De avvikelser som finns i gasolförbrukning mellan aggregaten rör sig om max 0.4 kg och ligger inom mätningsteknikens felmarginal. Se separat beskrivning av aggregaten tidigare i detta avsnitt samt tabell 2.

Den jämförande studien utfördes vid två behandlingstillfällen. Vid det första tillfället, som fick avbrytas p.g.a. regn, konstaterades vid kontroll av bekämpningsresultatet att strålningsvärmeaggregatet gav den klart sämsta ogräsbekämpningseffekten. Den maximala arbetshastigheten passerades redan vid 2.0 km/h under de fuktiga förhållanden som rådde vid försökstillfället. Därför uteslöts detta aggregat i den följande jämförelsen.

Man kunde dock konstatera att de båda andra aggregaten hade förutsättningar att ge tillfredsställande ogräseffekt även vid högre körhastigheter. Därför utfördes en andra jämförelse mellan Agro Dynamic och Catter under torrare förhållanden.

Denna andra jämförelse utfördes på samma sätt som den första. Aggregaten framfördes jämsides med varandra, med fem konstanta hastigheter, från 2.5 km/h med en ökning av 1 km/h i varje kördrag upp till 6.5 km/h, se tabell 3.

Tabell 2: Gasolförbrukning vid specificerade arbetstryck för fem olika aggregat

Aggregat	tryck bar	per timme kg/h	per meter arbets bredd och timme kg/m/h	per m ² g/m ²
AD-PV 90	2.0	12.0	13.3	4
Catter	2.0	15.4	12.8	5
Strålnings.	1.6	17.6	12.6	11
Heatfighter	2.0	5.5	11.0	8
Handaggreg.	2.0	3.5	17.0	25

6.6.2 Resultat

Redan under försöken 1986 kunde vi konstatera att Malmös strålningsvärmeaggregat har en maximal bekämpningshastighet mellan 1.5 och 2.0 km/h när ogräsen är torra och relativt små. Vid fuktigare förhållanden reduceras den maximala arbetshastigheten till 1 km/h.

I en första jämförelse mellan de tre aggregaten verifierades de tidigare erfarenheterna, dvs att strålningsvärmeaggregatet inte gav tillräcklig effekt under fuktiga förhållanden då körhastigheten var ca 2 km/h. Samtidigt visade det sig under samma förhållanden att de andra två aggregaten Catter och Agro Dynamic hade klart bättre bekämpningseffekt.

I en följande jämförelse mellan Agro Dynamic och Catter, då ogräsen som till största delen bestod av vitgröe var torra och inte lika väletablerade, kunde det konstateras att de båda aggregaten hade bra bekämpningseffekt upp till 4.5 km/h.

Vid hastigheterna 5.5 och 6.5 km/h minskade effekten på ogräsen. Effekten avtog mest för Catteraggregatet. Detta aggregat kördes också med ett gasoltryck på 2 bar istället för 1.5 bar, som rekommenderas av tillverkaren. Att trycket var för högt visades av att gasollågor slog ut från aggregatet vid luftintaget.

Av detta kan vi dra slutsatsen att Agro Dynamic kan framföras med en maximal hastighet på 5 km/h vid optimala förhållanden och Catter med 4 km/h, se tabell 3.

Här skall dock påpekas vikten av att inte överskrida den maximala bekämpningshastigheten, eftersom resultatet försämras radikalt, samtidigt som nästa bekämpning måste tidigareläggas eftersom ogräsen återhämtar sig snabbare.

Utrustningen måste få arbeta med ett värmeöverskott för att effekten skall bli bra. Det är därför bättre att köra något långsammare och använda fingertrycksmetoden ofta för att hitta rätt bekämpningshastighet, än att "slå hastigetsrekord".

Tabell 3: Bekämpningseffekt vid olika hastigheter för tre värmeaggregat vid torra förhållanden och relativt små ogräs (2-5 cm).

Hastighet km/h	Agro Dynamic	Catter	Strålningsvärme- aggregatet
2.0	Bra	Bra	Dålig
2.5	Bra	Bra	-
3.5	Bra	Bra	-
4.5	Bra	Tveksam	-
5.5	Tveksam	Dålig	-
6.5	Dålig	-	-

7 BEKÄMPNINGSKOSTNAD FÖR TRAKTORAGGREGAT PÅ LEKPLATS

Bekämpningskostnaden per kvadratmeter för en relativt komplicerad lekplats bestämdes med hjälp av en tidstudie. Denna utfördes genom att bekämpningsarbetet med det traktorburna aggregatet, videofilmades. Det aggregat som användes i studien var strålningsvärmeaggregatet med en arbetsbredd på 1.5 m och maximal arbetshastighet på 2 km/h. Jecaatrucken användes som redskapsbärare till värmeaggregatet. Timkostnaden för maskinsystemet är 332 kr, se fig. 2 kap 4.5.2.

Lekplatsens totala yta mättes upp och de delytor som inte kunde behandlas rationellt räknades bort.

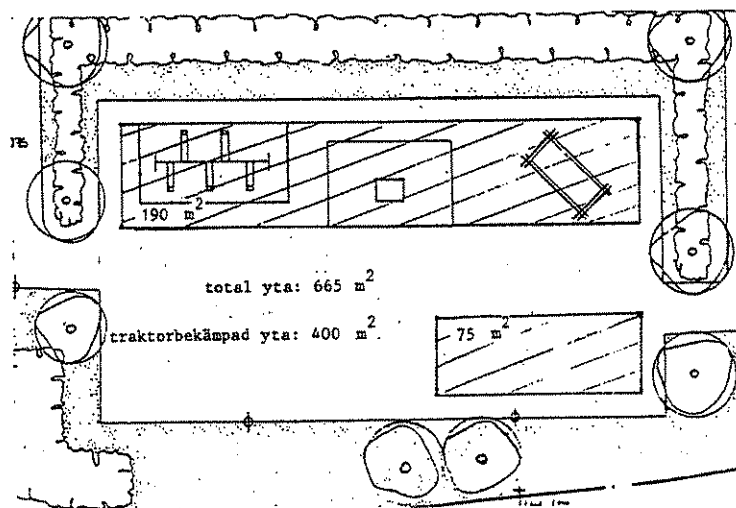
En klocka i videokameran registrerade tiden i minuter och sekunder under inspelningen. Detta gjorde att vi senare genom att spela upp videoinspelningen kunde beräkna hur mycket tid som använts för effektivt arbete och hur mycket som var spilltid. Den totala tidsåtgången för bekämpning av ytan ger både kostnad per kvadratmeter och en beräknad timkapacitet för maskinsystemet på liknande ytor.

Dessutom såg man på videoinspelningen hur och var traktorföraren kunde ha kört mer rationellt, t.ex. med hjälp av snabbare vändningar, för att höja medelhastigheten. En hög medelhastighet ger större timkapacitet, vilket leder till en lägre kostnad per kvadratmeter.

Med hjälp av informationen från videoinspelningen har vi kunnat simulera en snabbare och effektivare körning med betydligt lägre spilltid och lägre kostnad.

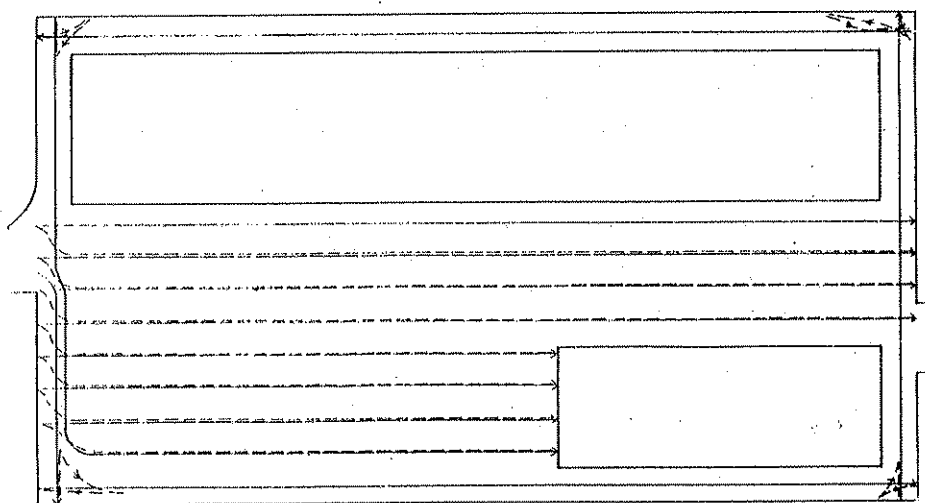
7.1 Tidstudie genom videofilmning på lekplats

I figur 5 visas lekplatsens disposition. Där kan man också utläsa att totala ytan är 665 kvadratmeter och att två delytor på sammanlagt 265 kvadratmeter inte gick att bekämpa med det traktorburna aggregatet p.g.a. lekredskap och andra hinder. Den totala ytan som gick att värmebehandla maskinellt uppgick därför till endast 400 kvadratmeter.



Figur 5. Plan över lekplatsen. Streckade ytor putsbehandlas.

I figur 6 visas, med ett körschema, hur bekämpningsarbetet utfördes. Det gav möjlighet till att beräkna hur stor del av tiden som var effektiv och hur mycket som var spill.



Figur 6. Körschema för studerad körning. Streckad linje anger backning eller annan körning utan behandling.

Totalt förbrukades 860 sekunder eller 14 min och 20 sekunder för att bekämpa de 400 kvadratmetrarna. Tiden fördelade sig så att 490 sekunder (57%) användes för effektivt arbete medan 370 sekunder (43%) var spilltid.

Maskinkapaciteten blir omkring 1700 kvadratmeter per timme om 400 kvadratmeter blir bekämpade på 860 sekunder.

Beräkning av maskinkapacitet: $400 \times 3600 / 860 = 1675 \text{ m}^2/\text{h}$

Kostnaden för bekämpningen kan beräknas till 80 kr när tidsåtgången för behandling av de 400 kvadratmetrarna är känd och timkostnaden för maskinsystemet är 332 kr.

Beräkning av bekämpningskostnaden: $332 \times 860 / 3600 = 80 \text{ kr}$

Kostnaden per kvadratmeter blir 0.20 kr.

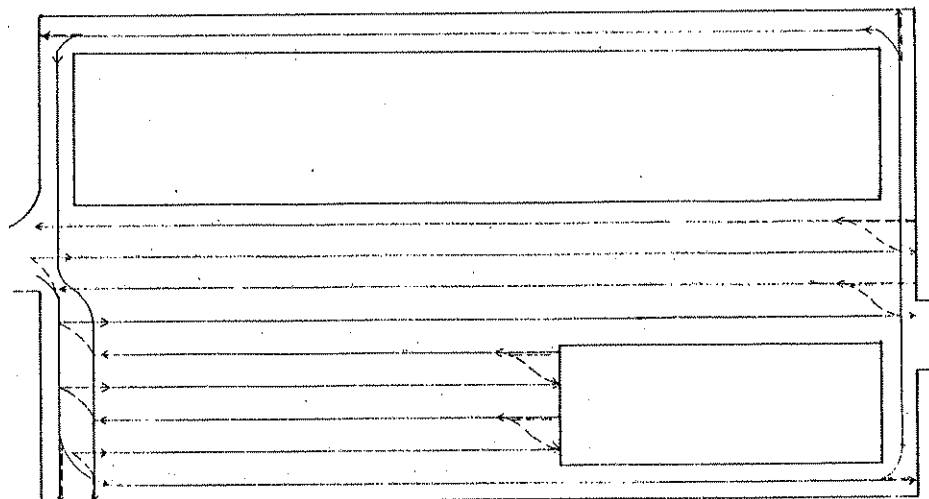
Beräkning av kostnaden/ m^2 : $332 \times 860 / 3600 / 400 = 0.20 \text{ kr}$

Om kringtiden är 2 timmar per arbetsdag måste ett kostnadstillägg på 33 % göras, se tabell 1, för att erhålla den verkliga kostnaden per kvadratmeter för maskinsystemet. Den verkliga kostnaden blir då 0.27 kr per kvadratmeter, $(0.20 \times 1.33 = 0.27)$.

Resultaten från tidstudien på lekplatsen presenteras mer överskådligt i tabell 4, sid 25. Där finns också resultatet från en simulerad körning över samma lekplats där maskinsystemet utnyttjats på ett mer rationellt sätt.

7.2 Simulering av maskinell bekämpning på lekplats

Samma förutsättningar gäller här som ovan angående lekplatsens disposition och storlek. Det som skiljer sig åt är att körschemat, som är utformat så att maskinsystemet kan användas mer rationellt och effektivt.



Figur 7. Beskrivning av körschema enligt simulering. Streckad linje anger körning utan behandling. Backning med behandling anges, liksom körning framåt med behandling, med hel linje.

Genom att studera videoinspelningen noggrant kunde man konstatera att det oftast tog lång tid att vända 90 grader. Ibland tog det mer än 60 s. Då en mer rationell vändningsteknik användes understeg tiden 20 s.

Detta utnyttjades för att simulera ett nytt körschema med optimala 90 graders vändningar på 20 s. Genom detta körsätt kan man på första yttervarvet spara in omkring 150 s vilket dock leder till något mer putsarbete i hörnen.

Spilltiden kunde minskas ytterligare genom att även vid backning utföra bekämpning av obehandlade områden. Detta förfaringssätt ledde till att ytterligare 60 sekunder av spilltiden kunde elimineras.

Ett sådant körsätt är kanske inte alltid tillämpligt, men önskvärt eftersom maskinkapaciteten i princip halveras om man tvingas backa tillbaka i samma spår som man tidigare har kört framåt i.

Den totala inbesparade tiden genom att köra mer rationellt för högre timkapacitet blev 210 sekunder eller 3.5 minuter. Hur detta påverkar kostnaden för bekämpningsarbetet kan utläsas ur tabell 4 nedan.

Tabell 4: Jämförelse i bekämpningskostnad för en lekplats där två olika körscheman ligger till grund för beräkningarna

	Tidstudie	Simulering
Bekämpad yta	400 m ²	400 m ²
Tidsåtgång	860 s	640 s
Effektiv körtid	490 s	480 s
Spilltid	370 s	160 s
Maskinkapacitet	1700 m ² /h	2250 m ² /h
Max maskinkapacitet	3000 m ² /h	3000 m ² /h
Bekämpningskostnad	80 kr	60 kr
Kostnad / m ²	0.20 kr	0.15 kr
Kostnadsjustering för kringtid	33 %	33 %
Bekämpningskostnad/m ²	0.27 kr	0.20 kr

Ur ovanstående tabell kan man utläsa en inbesparing på 20 kr per behandlingstillfälle om ytan körs på ett mer rationellt sätt, genom "runda" hörnen istället för att backa sker en inbesparing med 15 kr. I gengäld missas 0.5 till 1.5 m² per hörn, totalt ca 5 m² "spillyta".

Dessa missar åtgärdas med handaggregat, i samband med annat putsarbete på ytan. Kostnaden för detta extra manuella arbete är ungefär 5 kr,² eftersom värmebekämpning med handaggregat kostar omkring 1 kr/m².

Totalt får man en vinst på 10 kr per tillfälle genom ändrat arbetssätt. Man kan acceptera upp till 3.5 m² spillyta per hörn, sedan blir arbetssättet oekonomiskt.

Återstående 5 kr i inbesparing kommer av rationellare körteknik, genom att obehandlade ytor bekämpas även vid backning och genom mindre överlappning mellan ködragen.

7.3 Slutsats

Genom rationellare körsätt minskas totalkostnaden med 15 kr per behandling. Detta ger en totalkostnad på omkring 0.20 kr per behandlad kvadratmeter.

Totalt sett blir detta ett billigare bekämpningssystem, förutsatt att maskinkapaciteten ökar och putsen inte blir för stor. Traktorföraren skall då inte utföra handbekämpningen i samband med traktorbekämpningen. Vinsten äts då upp av att traktor och aggregat kostar 110 kr per timme även när de inte används. Bild 4 visar ett exempel på lämplig utrustning för handbekämpning.



Bild 4. Exempel på utrustning för puts- och punkt-bekämpning.

8 BEKÄMPNINGSKOSTNAD FÖR TRAKTORAGGREGAT PÅ 2.5 METER BRED GÅNGVÄG

Beräkning av bekämpningskostnaden per kvadratmeter har gjorts för längder om 50, 100, 200, 300, 400 och 500 meter. Bekämpningen antas utförd med aggregat med öppna inkapslade lågor under torra förhållanden, på måttligt med ogräs och med en hastighet av 4 km/h. Hela gångvägen behandlas i två drag (eller körningar) med en vändning. Tiden för flasköppning och tändning av aggregatet samt injusterings av tryck och aggregat beräknas ta tre minuter. Släckning och flaskstängning tar en minut. En vändning beräknas också ta en minut. Detta innebär att 5 minuter går åt för uppstartning, avslutning och vändning. Detta räknas som spilltid.

Effektiv körtid beräknas här genom att multiplicera gångvägens längd med två och sedan dividera med körhastigheten som är 4 km/h, vilket motsvarar 1.1 m/s

Formel för beräkning av effektiv körtid vid bekämpning av gångväg:

$$L \times D / V = \quad (\text{sekunder})$$

L = vägens längd i meter

D = antalet kördrag för att bekämpa hela vägens bredd

V = körhastighet i meter per sekund

Exempel: Beräkning av effektiv körtid för 50 m gångväg som bekämpas i två kördrag med ett aggregat som framföres i 4 km/h.

L = 50 m

D = 2

V = 1.1 m/s

$$50 \times 2 / 1.1 = 90 \text{ sekunder}$$

8.1 Beräkning av bekämpningskostnaden

Den effektiva körtiden i ovanstående exempel var 1.5 min. Spilltiden för uppstartning, vändning och avslutning är oberoende av vägens längd och tidigare beräknad till 5 min, vilket ger en totaltid av 6.5 minuter för 50 meter gångväg.

Eftersom gångvägens yta är 125 m^2 ($2.5 \text{ m} \times 50 \text{ m}$), tidsåtgång 6.5 min och timkostnaden för maskinsystemet 332 kr, enligt fig. 1, så kan kostnaden per kvadratmeter beräknas till 0.29 kr.

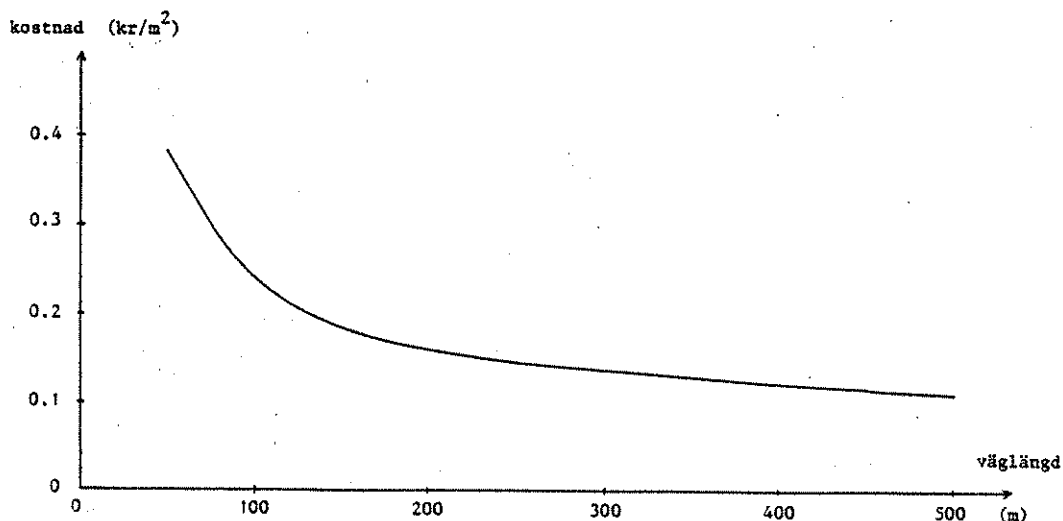
$$\text{Beräkning: } 332 \times 6.5 / 60 / 125 = 0.29 \text{ kr/m}^2$$

Denna kostnad är inte uppjusterad för kringtid. Vi antar att kringtiden uppgår till 2 timmar per dag, vilket ger en kostnadsökning med 33%. Kostnaden blir med denna uppjustering 0.38 kr per kvadratmeter.

I tabell 5, samt i figur 8 nedan finns en sammanställning över bekämpningskostnaden per kvadratmeter för andra längder på gångvägar. Även dessa kostnader är uppjusterade för 2 timmars kringtid per arbetsdag. Det bör kanske påpekas att man som regel inte behöver någon putsbekämpning på denna typ av ytor, utom vid bommar och andra hinder.

Tabell 5: Bekämpningskostnad per kvadratmeter för gångar av olika längder med två kördrag och hastigheten 4 km/h

Gånglängd m	Körtid min	Spilltid min	Totaltid min	Spill % av totaltid	Kostnad kr/m ²
50	1.5	5.0	6.5	77	0.38
100	3.0	5.0	8.0	62	0.24
200	6.0	5.0	11.0	46	0.16
300	9.0	5.0	14.0	36	0.14
400	12.0	5.0	17.0	30	0.13
500	15.0	5.0	20.0	25	0.12



Figur 8. Kostnaden per ytenhet för bekämpning på gångvägar med olika längd.

9 OPTIMERING MELLAN TRAKTORAGGREGAT OCH PUTSBEHANDLING

Vid försöken i Malmö 1987 utförde traktorföraren själv all putsbekämpning i stordriftsförsöket, medan annan personal utförde putsarbetet på produktionsytorna. Eftersom samma typ av utrustning (handbrännare) användes till putsbekämpningen blev bekämpningsresultatet likartat i båda fallen.

Den intressanta frågan är hur man skall organisera arbetet för att erhålla lägsta bekämpningskostnad. Är det traktorföraren som skall utföra putsbekämpningen när denne ändå är på ytan eller är det någon annan person som samtidigt eller vid en senare tidpunkt skall utföra arbetet?

Av fig. 2, kap 4.5.2, framgår att bekämpning med det traktorburna aggregatet kostar 332 kronor per timme. Utför traktorföraren putsarbetet kvarstår kostnaden för traktor och värmeaggregat, trots att dessa inte används under själva putsarbetet. Kostnaden för traktoraggregatets gasolförbrukning, 100 kronor per timme, försvinner dock.

Detta ger en kostnad av 232 kronor per timme i "grundkostnad" för traktorföraren och den stillastående traktorutrustningen. Sedan tillkommer kostnaden för handaggregatet och dess gasolförbrukning på 25 kronor per timme. Totalt ger detta en kostnad på 257 kronor per timme om traktorföraren själv utför putsarbetet medan traktor och gasolaggregat står stilla. Utförs putsbekämpningen istället av en person som tar sig dit på en flakmoped begränsas kostnaden till 150 kronor per timme, se fig. 2.

I princip skulle traktorföraren kunna komma tillbaka till ytan en vecka senare för att utföra putsbekämpningen, dock utan traktor och aggregat. Att utföra putsbekämpningen en dryg vecka efter traktorbekämpningen ger tre fördelar:

- * Ur arbetsteknisk synpunkt är det lättare att se var de obehandlade ogräsen finns eftersom de av traktoraggregatet värmda ogräsen vissnar ner på ett par dagar.
- * Ur arbetsorganisatorisk synvinkel kan ett flexibelt bekämpningssystem erhållas om den som utför putsbekämpningen också bedömer ytans skötselstatus och "beställer" nästa bekämpning.
- * Arbetet blir mer varierat när två personer tillsammans delar på arbetet med en traktorburen och en handburen utrustning (förarna byter utrustning med varandra efter en vecka).

Vid putsarbetet behandlas de avsnitt som lämnats för att få ett rationellt utnyttjande av traktoraggregatet, samt de ytor som är omöjliga att nå med traktorn och eventuella mistor. Det är även möjligt att punktbehandla svårbekämpade ogräs som överlevt värmen från traktoraggregatet.

Timkostnaden för putsarbetet är alltså drygt 100 kr lägre om det inte utförs av traktorföraren i samband med traktorbekämpningen. Även om detta innebär dubbla transporter till och från ytorna blir det nästan alltid billigast att dela på arbetet.

9.1 Exempel

- * Ogräsbekämpning med traktorburet aggregat på bollplan med putsbekämpning utförd enligt de två förslagen ovan samt tillhörande kostnadskalkyl för de båda förslagen.

Vi antar att vi har en bollplan med grus som ytbeläggning. Planen är 40 x 25 meter, dvs 1000 kvadratmeter. Bollplanen värmebehandlas med ett traktorburet aggregat som arbetar med inkapslade öppna lågor, t ex Agro Dynamic AD-PV 90 eller Catter. Handbrännare används längs ett staket på 130 m runt bollplanen och på totalt 10 kvadratmeter i de fyra hörnen.

9.1.1 Traktoraggregatet

Traktoraggregatet har en teoretisk arbetskapacitet på 5000 kvadratmeter per timme under torra förhållanden och normal ogräsmängd. Enligt utförda tidstudier reduceras denna teoretiska kapacitet vid praktiskt arbete med minst 20% beroende på hur komplicerad ytan är. På en bollplan av denna storlek bör reduktionen vara ca 30%-40%. Detta ger att aggregatet bekämpar minst 3 000 kvadratmeter per timme, vilket medför att den aktuella ytan (1000 kvadratmeter) behandlas på 20 minuter.

Kostnaden för bekämpningen av bollplanen uppgår till 0.15 kr per kvadratmeter för traktoraggregatet vid en faktisk kapacitet på 3000 kvadratmeter per timme.

Beräkning: Maskinkostnad per timme dividerat med faktiskt bekämpad areal per timme multiplicerat med 33% tillägg för transport m.m, vilket blir: $332 / 3000 \times 1.33 = 0.15$ kr per kvadratmeter.

Kostnaden för den maskinella bekämpningen är oberoende av val av putsbekämpningsmetod. Däremot påverkas behovet av putsarbete.

9.1.2 Handaggregatet

Runt bollplanen skall 130 löpmeter behandlas med handaggregatet. Den maximala arbetshastigheten vid torra förhållanden och relativt stora ogräs är omkring 1.5 km/h. Det motsvarar 25 meter per minut. En reduktion med 40%, för att få den praktiska arbetskapaciteten, ger en hastighet av 15 meter per minut. Det går då åt cirka 9 minuter till putsbekämpningen längs staketet.

Dessutom skall 10 kvadratmeter i hörnen behandlas, vilket beräknas ta 4 minuter med en arbetskapacitet på ca 2.5 kvadratmeter per minut. Detta ger en totaltid för allt putsarbete på 13 minuter, vilket kan jämföras med de 20 minuter som traktorbekämpningen tog.

9.1.3 Kostnad för putsbekämpningen och totalkostnad

När traktorföraren utför putsarbetet i samband med den maskinella bekämpningen blir timkostnaden 257 kr, enligt fig. 2. Detta medför att 13 minuters putsarbete kostar cirka 75 kr inklusive 33% tillägg för kringtid som transport m.m.

Beräkning: $257 \times 13 / 60 \times 1.33 = 75 \text{ kr}$

Detta ger en kostnadsökning med 0.075 kr per kvadratmeter. Tillsammans med den maskinella bekämpningen blir totalpriset 0.225 kr per kvadratmeter och bekämpningsomgång. Med 7 bekämpningar per år blir årskostnaden 1.60 kr per kvadratmeter.

Utförs putsarbetet istället oberoende av den maskinella bekämpningen blir timkostnaden endast 150 kr. Detta medför att 13 minuters putsarbete kostar cirka 45 kr. inklusive 33% tillägg för transport m.m.

Beräkning: $150 \times 13 / 60 \times 1.33 = 45 \text{ kr}$

Detta ger en kostnadsökning utslaget på bollplanens hela yta med 0.045 kr per kvadratmeter. Tillsammans med de 0.15 kr för den maskinella bekämpningen blir totalpriset 0.195 kr per kvadratmeter och bekämpningstillfälle. Med ett snitt på 7 bekämpningar per år blir årskostnaden 1.35 kr per kvadratmeter.

9.1.4 Slutsats

Ovanstående kalkyl visar att det aldrig kan bli ekonomi att låta traktorföraren utföra putsbekämpning i samband med bekämpning med traktoraggregatet. Ju mer putsarbete som krävs på en yta desto större blir kostnaden per ytenhet att låta traktorföraren själv utföra detta arbete, eftersom traktorn och värmeaggregatet står oanvända under tiden och kostar tillsammans ungefär 110 kr/tim.

Erfarenheterna från Malmö under 1987 visade att på komplicerade ytor kunde putsarbetet ta minst lika lång tid som det maskinella arbetet. Detta medför en onödigt hög kostnad per kvadratmeter. Traktorföraren kan själv putsa de maskinellt bekämpade ytorna med bibehållen god ekonomi, genom att utföra arbetet vid ett senare tillfälle och i kombination med ett billigt transportmedel.

Om det förflyter drygt en vecka mellan traktorbekämpningen och putsbehandlingen, kan effekten från den första behandlingen utvärderas, och ligga till grund för planering av nästa behandling med traktoraggregatet. Ytornas bekämpningsbehov och resultat skulle då styra behandlingen, istället för fasta tidsintervall. En sådan arbetsuppläggning ger ökad flexibilitet i ogräsbekämpningen, det blir en så kallad behovsanpassad bekämpning.

Dessutom skulle traktorekipaget klara av en större total yta (fler objekt). Eftersom den ovan beräknade maskinkapaciteten på 3 000 kvadratmeter per timme inte skulle minska till 1 800 kvadratmeter per timme som det faktiskt blir om traktorekipaget står stilla under putsbekämpningen.

För att bekämpningskostnaden per kvadratmeter skall bli så låg som möjligt är det nödvändigt att optimera traktor- och putsbehandlingar tillsammans enligt resonemanget ovan.

Samtidigt bör det påpekas här att en grundförutsättning för låga bekämpningskostnader är att ha en smidig traktor som används tillsammans med traktoraggregatet. Exempel på en sådan maskin ses på bild 5. Se även kapitel 7.



Bild 5. Ett AD-PV 90 aggregat monterat på en Toro Groundmaster.

10 PRAKTISKA ERFARENHETER VID ANVÄNDNING AV TERMISK BEKÄMPNING

Storleken på arealer som skall bekämpas och ytornas komplexitet är faktorer som påverkar val av storlek på utrustning och antalet aggregat. Utrustning för termisk ogräsbekämpning delas in i tre typer:

- Handburet aggregat
- Hjulburet aggregat
- Traktorburet aggregat

Ett handburet aggregat bärs för hand medan gasolflaskan står på en kärra som man drar efter sig. Aktionsradien (normalt ca 5 m) begränsas av slangens längd mellan gasolflaskan och handaggregatet. Detta gör att man får flytta gasolkärran ofta varvid kapaciteten blir lidande, om man inte kan dra kärran efter sig hela tiden. Detta gör att den praktiska timkapaciteten vid effektivt arbete blir omkring 150 kvadratmeter på enkla ytor, enligt försök utförda i Sjöfjärde under 1987. På mer komplicerade ytor som sittgradänger blir timkapaciteten omkring 100 kvadratmeter, enligt försök i Malmö 1986.

De hjulburna aggregaten framdrivs antingen för hand, t ex Heat-fighter 450, eller med hjälp av en enaxlig traktor, t ex Agro Dynamic P 60 och P 90. Arbetsbredderna på dessa maskiner varierar från 0.45 meter till 0.9 meter. Enligt 1987 års försök är arbetskapaciteten per timme vid praktisk drift omkring 700 kvadratmeter för de smalare aggregaten. För de bredare beräknas kapaciteten vara omkring 1400 kvadratmeter per timme.

De traktorburna aggregaten kopplas till en redskapsbärare eller en mindre traktor. Arbetsbredderna varierar från 1 till 2 meter. Ett traktorburet redskap som Agro Dynamic PV 90 eller Catter har, enligt studier genomförda i Malmö under 1987, en praktisk arbetskapacitet på omkring 3000 kvadratmeter per timme. Variationer förekommer dock beroende på arbetsytornas storlek och komplexitet samt traktorns manövreringsmöjligheter och förarens körskicklighet.

10.1 Beräkning av maximal årskapacitet

Hur beräknar man en rimlig effektiv kapacitet per dag, vecka och år med utgångspunkt från ett aggregats praktiska kapacitet per timme? Oftast kan den praktiska kapaciteten sättas till 60% av den teoretiska maxkapaciteten på ytor av normal storlek och komplexitet, enligt tidstudier utförda i Malmö 1987. Resonemanget

förs endast med utgångspunkt från ett traktorburet aggregat, i tabell 6 presenteras motsvarande siffror för de båda andra aggregattyperna.

Under en arbetsdag på 8 timmar kan man räkna med omkring 6 timmars effektiv körtid på arbetsytorna. De andra 2 timmarna räknas som kringtid och åtgår för transport, gaslastning, tankning av traktor o.dyl. Detta ger en dagskapacitet på 18 000 kvadratmeter, då vi utgår från en teoretiska maxkapacitet på 5 000 kvadratmeter per timme. ($5\,000 \times 0.6 \times 6 = 18\,000$)

Eftersom den termiska ogräsbekämpningens effekt försämras under fuktiga förhållanden och med tanke på att vi i Sverige under bekämpningssäsongen har relativt många regndagar är det realistiskt att räkna med 3 bekämpningsdagar per vecka. Stora variationer förekommer mellan olika delar på landet och mellan olika år.

Veckokapaciteten för de traktorburna redskapen blir därför omkring 50 000 kvadratmeter. Denna siffra kan tyckas vara låg, men man bör inte räkna med större veckokapacitet om man inte har möjlighet att utnyttja lördagar och söndagar också.

För att den termiska bekämpningsmetoden skall ge en ogräsfri yta under hela vegetationssäsongen, måste behandlingarna börjas tidigt på våren när ogräsen börjar spira. Behandlingarna upprepas sedan med 3 till 5 veckors mellanrum tills ogrästillsvuxen avstannar på hösten. Erfarenheterna från försöken 1986 och 1987 visar att tiden mellan bekämpningarna och därmed det totala antalet bekämpningar för att nå optimal ogräseffekt, beror på ett antal faktorer:

- Ogräsflorans artsammansättning av roto-gräs och fröogräs
- Näringstillståndet i marken
- Fuktigheten på och i marken
- Ytmaterialets typ

Beträffande tiden mellan två bekämpningar gäller generellt att den skall vara kortare under de tidpunkter på året då ogräsen är i stark tillsvux t.ex. vår, försommar och eftersommar. Tillsvuxen kan även vara god under högsommaren, i samband med regnperioder. Vid långvarig torka kan man öka intervallet mellan behandlingarna.

Består ogräsfloran av väletablerade roto-gräs eller vitgröe, så måste tiden vara kortare mellan behandlingarna jämfört med om det bara finns nyetablerade fröogräs. Detta medför att renovering av dåligt skötta ytor kräver många upprepade behandlingar och är en osäker och dyr metod. Underhållsskötsel, för att bekämpa fröogräsen, fungerar däremot bra till relativt låg kostnad.

Bekämpning på grusbelagda parkvägar där det både är näringsrikt och fuktigt, som exempelvis under stora träd, har givit förhållandevis dåligt resultat under 1987.

Vad beträffar ytmaterialets inverkan på bekämpningsresultatet har det entydigt konstaterats att det på stenbelagda ytor har blivit ett klart bättre resultat än på grusbelagda. I princip kan man säga att det behövs 50 till 100% fler behandlingar på grusytor jämfört med stenbelagda (t.ex kullersten, stor- och smågatsten, betongplattor mm).

Sammanfattningsvis kan sägas att för att hålla en bra skötselstandard på grusytor krävs bekämpning med 2 till 3 veckors mellanrum. Accepteras en något lägre standard kan bekämpningen utföras var 3:e eller 4:e vecka.

För stenbelagda ytor räcker det med en bekämpning var 3:e till 4:e vecka för att få ett mycket gott resultat och var 5:e till 6:e vecka om man accepterar en bekämpning med ett något sämre resultat.

Generella tider mellan behandlingarna ger en låst bekämpningsstrategi. Ett mer flexibelt system uppnås om varje ytas aktuella bekämpningsbehov får styra när behandlingsarbetet skall utföras.

En mer flexibel bekämpningsstrategi erhålls genom att den behandlade ytan besiktigas en dryg vecka efter varje behandling, t.ex. i samband med putsbekämpning. Vid denna tidpunkt bör det gå att avgöra när nästa bekämpning behöver utföras. Därmed kan den effektiva bekämpningsstrategin för att uppnå uppställda skötselmål användas.

De generella tiderna mellan bekämpningarna skall ses som genomsnittsvärden som kan användas som underlag för uppskattning av bekämpningsbehovet och därmed önskvärd maskinkapacitet. Den slutsats som kan dras av siffrorna är att i genomsnitt behöver grusytor bekämpas var 3:e vecka och stenbelagda ytor var 4:e vecka.

Detta betyder att beräkningen kan färdigställas av den areal som ett traktorburet aggregat med en effektiv arbetskapacitet på 3 000 kvadratmeter per timme kan bekämpa per år. Med en given veckokapacitet på 50 000 kvadratmeter kan ett aggregat bekämpa 150 000 kvadratmeter grusytor per år. Efter 3 arbetsveckor måste man tillbaka till den först bekämpade ytan igen. Vidare skulle samma aggregat kunna behandla ca 220 000 kvadratmeter stenbelagda ytor per år.

I tabell 6 redovisas olika aggregats realistiska bekämpningskapacitet per timme, dag, vecka och år. Siffrorna, här ovan, är beräknade för ett traktorburet aggregat. För den som vill följa beräkningsgången även för de två andra aggregaten får sätta in siffrorna 150 respektive 700 kvadratmeter per timme.

Tabell 6: Praktiska bekämpningskapaciteter i kvadratmeter för olika aggregat per tidsenhet med hänsyn taget till väder, transporter, gasolhantering m.m.

	Timme	Dag	Vecka	År grusyta	År sten
Handaggregat	150	1 000	2 500	7 500	10 000
Hjulburet	700	4 000	12 000	35 000	48 000
Traktorburet	3 000	18 000	50 000	150 000	200 000

Här bör dock noteras att den totala ytan som traktoraggregatet kör över under en hel säsong blir, vid 7 behandlingar per yta och år, 1 050 000 kvadratmeter. I princip skulle de 1 050 000 kvadratmeterna bekämpas på 350 timmar, $(1\,050\,000 / 3\,000 = 350)$. Här måste ett tillägg för transport och annan kringtid göras med 33%, vilket ger ca 480 timmar eller 60 hela arbetsdagar.

10.2 Beräkning av bekämpningskostnad per ytenhet

Totalkostnaden för maskinsystemet per år inkl. förarlön är beräknad med underlag från Bo Holmberg, Malmö gatukontors parkavdelning till 170 000 kr per år (se tabell 7). Denna kostnad utgår från att traktorn utnyttjas 800 timmar per år medan aggregaten används 480 timmar per år.

Tabell 7: Underlag för kostnadsberäkning från Bo Holmberg, Malmö Gatukontor.

Traktor Holder C 500	inköp	208 000:-
Värmeaggregat Catter	"	37 000:-
Ränta 14 %		
Avskrivning traktor 8 år	(800 tim/år)	
" aggregat 3 år	(480 tim/år)	
Underhåll traktor 10 % av återanskaffningspris		
" aggregat 20 % "	"	
Förarkostnad inkl arbetsledning	130:-/timme	

Med utgångspunkt från dessa siffror kan vi nu beräkna bekämpningskostnaden per kvadratmeter och behandlingsomgång till 0.16 kr.

$$\text{Beräkning: } 170\,000 \text{ kr} / 1\,050\,000 \text{ m}^2 = 0.16 \text{ kr/m}^2$$

Detta ger en totalkostnad för en stenbelagd yta på 0.80 kr per kvadratmeter och år. Motsvarande kostnad för en grusyta blir i snitt 1.14 kr per kvadratmeter.

Eftersom den ekonomiska kalkylen bygger på att traktorn skall användas 800 timmar per år betyder det att det blir 320 "oanvända" timmar över. Denna överblivna tid kan traktorn användas i annat arbete. Därigenom minskar kostnaden per traktortimme. Om inte detta lyckas belastas kalkylen med kostnaden för en stillastående traktor 40% av tiden.

På den överblivna tiden skall därför sådana arbeten inplaneras som utan större problem även går att utföra vid regn eller andra ogynnsamma förhållanden. Dessutom skall dessa övriga arbetsuppgifter inte behöva utföras en speciell dag under veckan, för att nå maximal flexibilitet i arbetsplaneringen. Exempel på några arbetsuppgifter som kan utföras vid regn:

- Sopningsarbete på stenbelagda ytor och asfalt
- Klippning av långt gräs med rotorslätteraggregat
- Transportarbete

11 DISKUSSION OM METODENS FÖRUTSÄTTNINGAR OCH KONKURRENSKRAFT MOT ANDRA ICKE-KEMISKA METODER

I studien har inte ingått någon jämförelse mellan termisk bekämpning och andra bekämpningstekniker för hårdgjorda ytor. Vi finner det dock angeläget att göra några reflexioner med andra tänkbara metoder som "konkurrerande" alternativ.

11.1 Mekanisk bearbetning på grusytor

För grusytor finns olika typer av nyutvecklade utrustningar som mer eller mindre intensivt bearbetar grusytan mekaniskt. Vid en flyktig jämförelse mellan dessa och termisk bekämpning kan följande noteras.

Termisk	Mekanisk
- fungerar ej vid väta	+ fungerar vid måttlig väta?
- låg arbetskapacitet	+ hög arbetskapacitet?
+ oberoende av underlaget	- kräver ett bra grusslitlager
+ på trånga ytor kan handbrännare användas	- på trånga ytor krävs t.ex. skyffeljärn = dyrt
- klarar inte alla ogräs	+ klarar fler ogräsarter?
- energikrävande	+ energisnål
- stor investeringskostnad för stora arbetskapaciteter	+ lägre investeringskostnad för stora arbetskapaciteter
- brandrisk	+ ingen brandrisk

11.2 Mekanisk bearbetning på belagda ytor

För olika typer av beläggningar har också utrustningar som arbetar med roterande borstar börjat utvecklas. Borstarna är dimensionerade för att nöta bort ogräset, inte i första hand för att städa. Här kan man också tänka sig varianter av mekanisk nötning för rännstenskanter som bearbetar både nedre och övre skarven. En jämförelse, kan se ut enligt följande:

Termisk	Mekanisk
<ul style="list-style-type: none"> - fungerar ej vid väta - låg arbetskapacitet + oberoende av ytmaterialet - klarar inte alla ogräs - energikrävande + på trånga ytor kan handbrännare användas - brandrisk + skadar inte underlaget 	<ul style="list-style-type: none"> + fungerar vid väta? - låg arbetskapacitet? - kräver ett fast ytmaterial + klarar fler ogräsarter? + energisnål - ingen rationell teknik finns för trånga ytor + ingen brandrisk - risk för skador på underlaget

11.3 Termisk bekämpning med kyla

Termisk bekämpning har hittills enbart handlat om att använda värme. Under växternas vegetationsperiod kan man förmodligen uppnå samma effekt, cellsprängning, med hjälp av kyla. Det är dessutom mindre energikrävande att gå från $+20^{\circ}\text{C}$ till -20°C än från $+20^{\circ}\text{C}$ till $+110^{\circ}\text{C}$. Detta beror på att ångbildningsvärmets är 6.77 gånger högre (2260 kJ/kg) än smältvärmets (334 kJ/kg) samt att temperaturdifferensen är 50°C lägre.

Genom att använda flytande Kväve (N_2), som ger en temperatur på -196°C när den släpps ut i atmosfärstryck och dessutom är tyngre än luft, kommer den att sträva efter att bli kvar vid markytan. Varma förbränningsgaser strävar däremot uppåt. Inträngningen i ogräsbeståndet och marken bör därigenom bli effektivare vid användning av kyla. Med kyla bör man kunna utnyttja en relativt enkel teknik och brandrisken elimineras helt.

En jämförelse skulle kunna se ut så här:

Värme	Kyla
<ul style="list-style-type: none"> - fungerar ej vid väta - begränsad arbetskapacitet + känd teknik - klarar inte alla ogräs - energikrävande + skadar inte underlaget - brandrisk - risk för brännskador 	<ul style="list-style-type: none"> - fungerar ej vid väta - begränsad arbetskapacitet - ej beprövad teknik ? + klarar fler ogräsarter? - energikrävande ? + bör inte skada underlaget + ingen brandrisk - risk för frysskador

11.4 När är termisk bekämpning ett realistiskt alternativ?

När man inte får eller vill använda kemisk bekämpning på belagda hårdgjorda ytor är alternativen i dagsläget få. Termisk bekämpning med handbrännare och hjulburna aggregat är på dessa ytor nästan utan konkurrens. Bekämpningen är dyrare än med kemikalier, men det går att hålla en bra standard på dessa ytor med termisk bekämpning, samtidigt som kostnaden är betydligt lägre än för manuell bekämpning. De marknadsförda utrustningarna som använts under 1987 bör dessutom till 1988 års säsong ha förbättrats så att upptäckta barnsjukdomar har eliminerats.

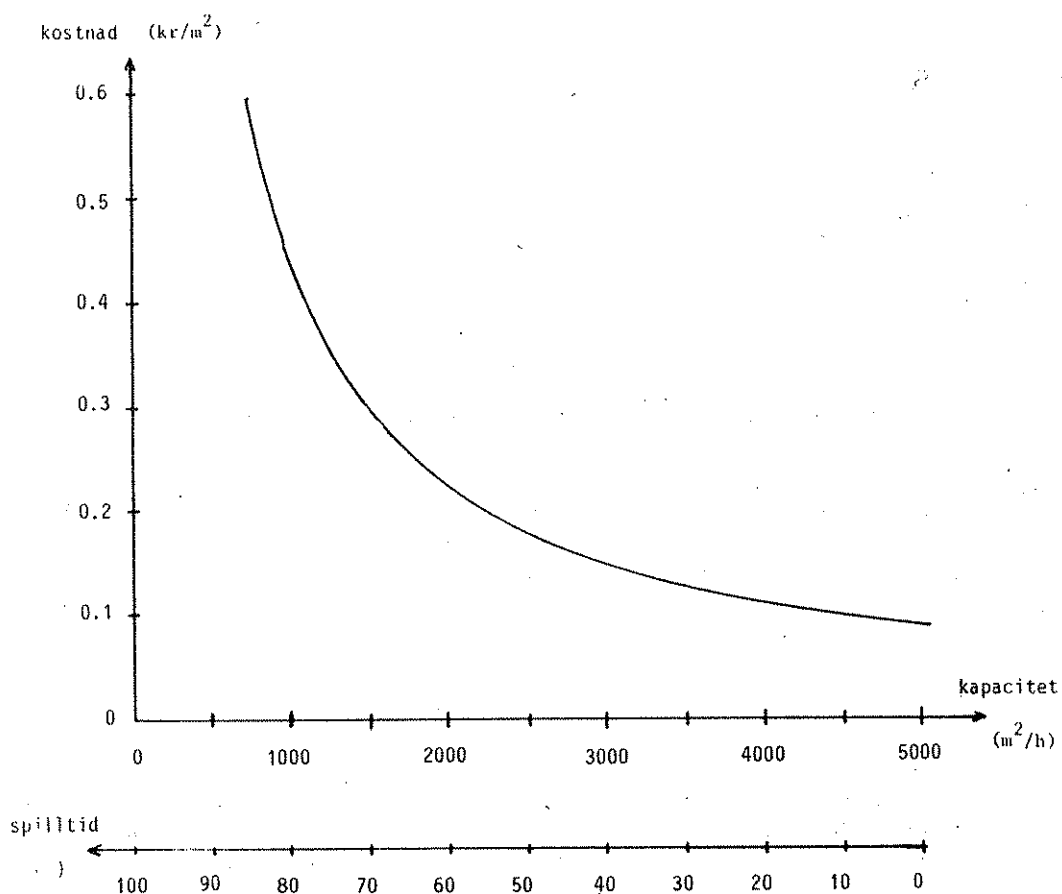
Har man stora belagda ytor, uppskattningsvis minst 50 000 m², som skall behandlas är traktorburna utrustningar för termisk bekämpning ett lämpligt alternativ, se figur 9.

Traktorburen utrustning för termisk bekämpning har dock konkurrens av soputrustningar som i dag används för renhållning. Dessa bör kunna utnyttjas även för att mekaniskt nöta på ogräsen. Med sopsningsalternativet får man också välstädade ytor "på köpet".

På grusytor är konkurrensen från redan marknadsförda "sladdutrustningar" stor, när det gäller större rationella ytor typ bollplaner och grusbelagda gång och cykelvägar. På mindre ytor typ lekplatser o.dyl. är dock de mindre utrustningarna för värmebehandling konkurrenskraftiga gentemot t.ex. skyffeljärn m.m. Skyffeljärnet bör dessutom undvikas då det ger upphov till förslitningsskador i armar och axlar på personalen.

Vår uppfattning är i dag att det inte handlar om antingen den ena eller andra metoden, utan om att kombinera olika metoder efter hur de bäst passar samman och utnyttja fördelarna med respektive metod på bästa sätt.

Avslutningsvis vill vi i figur 9 visa att vi idag med hjälp av traktorburna värmeaggregat kan bekämpa stora ytor, som inte har alltför många hinder, till en kostnad omkring 0.16 kr per kvadratmeter och behandligstillfälle. I denna kostnad finns även ett tillägg på 33% för kringtid. Detta visar att termisk ogräsbekämpning också har blivit ett konkurrenskraftigt alternativ när det gäller kostnad per behandlad kvadratmeter och år.



Figur 9. Bekämpningskostnad per m^2 för ett traktoraggregat vid olika praktiska arbetskapaciteter per timme. Kostnaden är justerad med ett tillägg på 33% för 2 timmars kringtid per dag. (Kringtiden omfattar transporter, underhåll, lastning mm.)

12 FÖRSÖK MED OGRÄSBEKÄMPNING VID KANTSTEN

Detta tredje delförsök har genomförts i Stockholm och Umeå. Målet var att utreda den optimala bekämpningsstrategin. Vidare skulle årskostnaden per behandlad meter kantsten beräknas, både vid användning av traktorburet värmeaggregat och hjulburet med manuell framdrivning.

12.1 Försöksmål

- * Att utreda om olika behandlingsstrategier ger så stora skillnader i ogräsens "utseende" under vegetationssäsongen, att åtskilda skötselnivåer erhålls på kantstensytorna.
- * Att beräkna den årliga bekämpningskostnaden per meter kantsten beroende på vald behandlingsstrategi.

12.2 Försöksplan

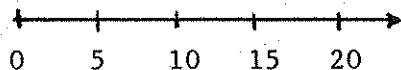
12.2.1 Behandlingsstrategins inverkan på skötselstandarden

Hypotesen är att man erhåller specifika skötselnivåer på de hårdgjorda ytorna genom att använda sig av specificerade behandlingsstrategier. Med hjälp av dessa behandlingsstrategier bör det sedan gå att optimera den termiska bekämpningen efter ytornas skötselkrav. I förlängningen medför detta också, att årskostnaden för den termiska ogräsbekämpningen per ytenhet eller längdenhet går att beräkna.

12.2.1.1 De olika behandlingsstrategierna i kantstensförsöket

Strategin är uppbyggd så att de ytor som kräver hög skötselstandard behandlas tidigt och intensivt på våren. Ytor som har lägre skötselkrav får en senare behandlingsstart eller längre tid mellan de inledande värmebekämpningarna.

F	x	x	x	x	x	x	x	x	8 ggr per år	(A)
G	x	x	x	x	x	x			6 ggr per år	
H	x	x	x		x	x			5 ggr per år	
I		x	x	x	x	x			5 ggr per år	(C)
J	x	x	x	x	x				5 ggr per år	
K	x		x		x				3 ggr per år	
L		x		x		x			3 ggr per år	(D)



veckor efter
starten på våren

Olika bekämpningsstrategier

Behandlingsstrategierna för kantstensförsöket skiljde sig från försöken på plan mark. Detta berodde på att vi önskade koncentrera behandlingstillfällena till var 4:e vecka för att underlätta utförandet av försöket. Strategierna F-L i kantstensförsöket kan därför inte direkt jämföras med A-E i försöken på plan mark (se avsnitt 4.2.1.1) även om det finns likheter mellan F och A, I och C resp. L och D.

12.2.2 Bekämpningskostnaden per meter kantsten och år

Timkostnaden för förare, traktor och aggregat samt gasolpriset per kg är kända faktorer i kostnadsberäkningen. Genom uppmätning av gasolförbrukningen samt antalet meter kantsten som behandlas per timme kan kostnaden per meter kantsten och behandlingstillfälle beräknas.

Bekämpningskostnaden per meter kantsten och år kan sedan beräknas utifrån vald bekämpningsstrategi, genom att multiplicera antalet bekämpningstillfällen med kostnaden per behandlingstillfälle.

12.3 Försöksutrustning

Stockholms kommun använde ett traktorburet kantstensaggregat från Agro Dynamic i sitt försök. Aggregatet var av typ AD-G 8 och levererat av UteTjänst AB i Bjuv.

Umeå använde både ett traktorburet och ett hjulburet för manuell framdrivning. Det traktorburna kantstensaggregatet var av typ AD-G 12 från Agro Dynamic (se bild 6). Det hjulburna var en modifierad Heatfighter 450 tillverkad av Emidalprodukter i Staffanstorps (se bild 7).

12.4 Behandlingsstrategins inverkan på skötselstandarden

12.4.1 Genomförande

För att kunna utreda den termiska bekämpningsmetodens verkan på ogräs vid gatkantsten genomfördes de två försöken med gasoleldade värmeaggregat enligt försöksplanen ovan.

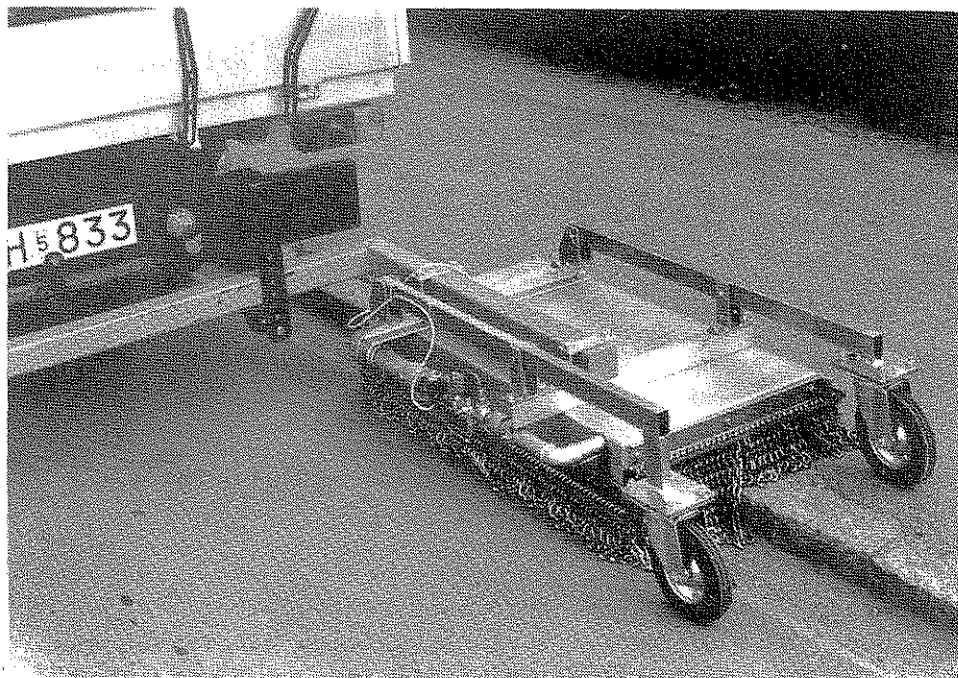


Bild 6. Kantstensaggreat AD-G 12 monterad bak på en lätt lastbil.



Bild 7. Kantstensaggreat monterat på Heatfighter chassie.

Under våren besöktes de båda försökskommunerna för information till de personer som skulle utföra den termiska ogräsbekämpningen. Vid detta tillfälle valde vi tillsammans ut försöksytorna och gick igenom hur försöksprotokollen skulle användas.

Försöksytorna bestod av asfalterade körbanor med gatkantsten av natursten eller betong. Gångbanorna var oftast asfalterade.

Beroende på leveransförseningar av utrustningarna kunde inte försöken starta i början på maj som det var tänkt. Detta gjorde att försöken kom igång ca 3 veckor försenat i Stockholm och ca 5 veckor försenat i Umeå.

Vidare måste på grund av fel på utrustningarna vissa inplanerade behandlingar uteslutas. Detta gällde speciellt i Umeå. Tillsammans med det regniga vädret under sommaren medförde det att vissa behandlingsstrategier inte kunde fullföljas enligt planerna.

Vid varje bekämpningstillfälle ifylldes ett bekämpningsprotokoll för varje försöksyta, där bl.a. väderlek, ogräsarter och ogräsförekomst samt tidsåtgång noterades, se bilaga 1.

Några dagar efter behandlingen besiktigades ytan för en bedömning av bekämpningsresultatet och ytans skötselstatus. Noteringar gjordes på baksidan av det protokoll som användes vid värmebehandlingen, för att lättare kunna följa upp vad som skett med ogräsen.

Under sommaren gjordes ett nytt besök hos kommunerna för fotografering och besiktning av försöksytorna. Detta för att få en jämförbar bild av metodens effektivitet under varierade förhållanden.

I mitten på oktober, efter det att bekämpningarna slutförts för året, gjorde vi en gemensam genomgång av erfarenheterna från försöken. Här diskuterades både bekämpningseffekten på olika ogräs samt ekonomiska och tekniska frågor.

12.4.2 Försöksresultat

På grund av tekniska problem med utrustningen och stora väderstörningar fick bekämpningarna i Umeå koncentreras till 3 tillfällen under sommaren. Detta medför att man ej kan dra några generella slutsatser om behandlingsstrategiernas inverkan på skötselstandarden från försöket där.

Trots detta visade sig behandlingen ändå ha stor inverkan på ogräsens storlek, utseende och tillväxt. Detta visade sig i form av stora skillnader mellan ogräsen på behandlade och obehandlade kantstensytor. På de behandlade kantstensytorna var ogräsen inte högre än ca 3 cm, medan de i många fall var 15 - 20 cm på de obehandlade ytorna. Vi kunde också konstatera att ogräs som groblad, vitgröe, kvickrot och gråbo var svårbekämpade, medan t.ex trampört var lättbekämpat.

I Stockholm kunde behandlingsprogrammet fullföljas bättre och här gav strategi G, med en behandling var 4:e vecka och totalt 6 behandlingar per år, ett bra bekämpningsresultat. Även här kunde vi se stora skillnader mellan ogräsen på behandlade och obehandlade kantstensytor.

Tillsammans med erfarenheterna från termisk ogräsbekämpning på plana stenbelagda ytor, där strategi C med 5 behandlingar per år gav ett bra resultat, blir rådet efter de begränsade kantstensförsöken under 1987, att minst 5 behandlingar per år behövs för att uppnå en lägsta godtagbar skötselstandard för gatkantsten.

12.5 Bekämpningskostnaden per meter kantsten och år

12.5.1 Genomförande

Bekämpningskostnaden per meter kantsten går att beräkna när kantstensaggregatets praktiska kapacitet och gasolförbrukning per timme är kända. Övriga faktorer som påverkar bekämpningskostnaden t.ex förarens, fordonets och värmeaggregatets timkostnad är redan kända.

Den praktiska kapaciteten beräknas med hjälp av försöksprotokollen, eftersom tidsåtgången vid behandlingen av försöksytorna noteras där. Timkapaciteten fås genom att dividera försöksytans längd med tidsåtgången.

När den praktiska kapaciteten för aggregatet erhållits återstår att mäta gasolförbrukningen per timme, för att kunna beräkna kostnaden per meter kantsten vid varje behandlingstillfälle.

Gasolförbrukningen mäts genom att väga gasolflaskorna före och efter en körning omfattande minst 30 minuter. Gasolpriset per kg och aggregatets timförbrukning ger gasolkostnaden per timme.

Alla faktorer är nu kända för att kostnaden per meter kantsten och behandlingstillfälle skall kunna beräknas. Genom att multiplicera med antalet behandlingar per år erhålls årskostnaden per meter kantsten.

12.5.2 Försöksresultat

Avgörande för bekämpningskostnaden per meter kantsten är som tidigare nämnts aggregatets praktiska timkapacitet samt kostnaden per timme för hela systemet.

12.5.2.1 Heatfighter i kantstensutförande

Den praktiska arbetskapaciteten för detta aggregat har mätts upp till ca 1 000 meter per timme. Timkapaciteten varierar dock med fuktighetsförhållande, ogräsmängd och eventuella hinder på ytan.

Gasolförbrukningen för Heatfighter i kantstensutförande är ca 2.7 kg per timme. Detta ger en gasolkostnad på ca 20 kr per timme, vid ett pris av 8 kr per kg gasol.

Timkostnaden för systemet är beräknat till 200 kr. Föraren med arbetsledning svarar för 120 kr; fordonet 40 kr; aggregatet 20 kr och gasolen 20 kr.

Aggregatets timkostnad på 20 kr är beräknad från ett inköpspris av 15 000 kr. Med avskrivningstiden 3 år blir avskrivningskostnaden 5 000 kr per år. Den årliga räntekostnaden beräknas till ca

1 000 kr vid 14% ränta och räknat på halva investeringsbeloppet. Underhållskostnaden beräknas till 1 000 kr per år. Detta ger en årskostnad på ca 7 000 kr.

Används kantstensaggregatet 15 till 20 timmar per vecka under 20 veckor per år, blir den årliga användningen ca 350 timmar. Med dessa data som utgångspunkt kan kostnaden beräknas till 20 kr per timme, $(7\ 000 / 350 = 20)$.

Kostnaden per meter behandlad kantsten blir 0.20 kr när timkostnaden är 200 kr vid en effektiv arbetskapacitet på 1000 meter per timme, $(200 / 1000 = 0.20)$.

Kalkylen ovan bygger på att alla 8 arbetstimmar under en arbetsdag används till effektivt arbete. Det är dock praktiskt omöjligt att nå 100% effektiv arbetstid, eftersom transport, gasollastning m.m. ingår i arbetstiden. Kostnaden måste därför korrigeras efter hur mycket tid per arbetsdag som är kringtid.

Om kringtiden antas vara 2 timmar per dag ökar kostnaden med 33% per behandlad meter kantsten. Den justerade kostnaden blir då 0.27 kr per meter kantsten och behandlingsomgång, $(0.20 \times 1.33 = 0.27)$.

För att nå lägsta godtagbar skötselstandard krävs 5-6 behandlingar per år. Detta ger en årskostnad av 1.35 - 1.60 kr per meter kantsten med Heatfighteraggregatet, $(6 \times 0.27 = 1.60)$.

I figur 4 (se avsnitt 4.5.2) visas hur kostnadsökningen varierar med kringtiden.

12.5.2.2 Agro Dynamic G 8 och G 12

Arbetskapaciteten är uppmätt för AD-G 8 till ca 1250 meter per timme. För AD-G 12 är kapaciteten ca 2000 meter per timme. Även för de traktorburna aggregaten varierar arbetskapaciteten beroende på ogräsmängd, fuktighetsförhållande, traktor, aggregat, förare m.m.

Gasolförbrukningen för AD-G 8 är uppmätt till 4.7 kg per timme och till 5 kg per timme för AD-G 12. Att AD-G 12 aggregatet endast förbrukar 5 kg gasol per timme verkar något underligt bl.a. med tanke på att detta aggregat har 4 fler brännare än AD-G 8 samt att generalagentens broschyr uppger 15 kg per timme.

Antingen beror den låga timförbrukningen på ett för lågt inställt gastryck eller på att förångningskapaciteten från de två gasolflaskorna inte varit större.

Gasolkostnaden beräknas till 40 kr per timme för båda aggregaten, vid en förbrukning av 5 kg per timme och ett gasolpris på 8 kr per kg.

Timkostnaden för AD-G 12 systemet är beräknat till 270 kr. Förare med arbetsledning svarar för 120 kr; traktor 65 kr; aggregat 45 kr och gasol 40 kr.

Aggregatets timkostnad är beräknad från ett inköpspris på 40 000 kr. Är avskrivningstiden 4 år blir avskrivningskostnaden 10 000 kr per år. Den årliga räntekostnaden beräknas till ca 3 000 kr,

vid 14% ränta och räknat på halva investeringsbeloppet. Service- och underhållskostnaden uppskattas till 3000 kr per år. Detta ger en kostnad av ca 16 000 kr per år för aggregatet.

Används aggregatet 15 till 20 timmar per vecka under 20 veckor blir den årliga användningen omkring 350 timmar. Detta ger en timkostnad på omkring 45 kr, $(16\ 000 / 350 = 46)$.

Kostnaden per meter behandlad kantsten kan nu beräknas till 0.135 kr för AD-G 12 systemet när timkostnaden är 270 kr och arbetskapaciteten är 2000 meter per timme, $(270 / 2000 = 0.135)$.

Kalkylen ovan bygger på att alla 8 arbetstimmar under en arbetsdag kan användas för effektivt arbete. Detta är orimligt eftersom transport, gaslastning m.m. ingår i arbetstiden.

Kostnaden i kalkylen måste därför korrigeras med ett påslag för denna kringtid. Antar vi att denna tid är 2 timmar per dag sker ett kostnadspåslag med 33%. Detta betyder att kostnaden per meter behandlad kantsten för AD-G 12 aggregatet ökar från 0.135 till 0.18 kr, $(0.135 \times 1.33 = 0.18)$.

En lägsta godtagbar skötselstandard för gatkantsten kräver 5 - 6 behandlingar per år. Årskostnaden per meter kantsten blir då med ett AD-G 12 aggregat 0.90 till 1.10 kr, $(6 \times 0.18 = 1.08)$. För AD-G 8 blir motsvarande kostnad 1.35 till 1.60 kr per meter kantsten, då kapaciteten är 1250 meter per timme och timkostnaden för hela systemet beräknats till 250 kr per timme.

12.5.3 Slutsats: Försök med ogräsbekämpning vid gatkantsten

Försöket visar att det behövs 5 - 6 värmebehandlingar per år för att nå en minsta godtagbar skötselstandard för gatkantsten. För att vara på den säkra sidan rekommenderas strategi G enligt försöksplanen, d.v.s. en behandling var 4:e vecka och totalt 6 behandlingar under året.

Kostnaden för ogräsbekämpning med kantstensaggregat varierar från 0.18 kr till 0.27 kr per löpmeter kantsten och behandling beroende på typ av aggregat. Behandling med Agro Dynamic G 12 kostade 0.18 kr. Kostnaden per löpmeter kantsten för AD-G 8 och det modifierade Heatfighteraggregatet blev 0.27 kr.

Årskostnaden med 6 bekämpningar blir då 1.10 eller 1.60 kr per meter kantsten beroende på val av aggregat.

Den praktiska dagskapaciteten för AD-G 12 aggregatet är omkring 12 km, under 6 effektiva arbetstimmar. Motsvarande kapacitet för de två andra aggregaten är omkring 6 km per dag.

Veckokapaciteten för aggregaten blir 36 respektive 18 km kantsten, under förutsättning att man kan räkna med 3 arbetsdagar per vecka med torrt väder.

Eftersom kantstensytorna behöver behandlas endast var 4:e vecka kan aggregaten användas kontinuerligt på fyra gånger så lång sträcka. Detta betyder att man årligen kan sköta ogräsbekämpningen på ca 150 km med AD-G 12 aggregatet. Motsvarande siffror för AD-G 8 aggregatet samt det handdrivna aggregatet från Emidal-produkter är omkring 75 km.

BEHANDLINGSSTRATEGIER
försök 1987

Datum: _____ Kl: _____

Prel. Datum: _____

Försöksyta: _____ Ytmaterial: _____

Ytstorlek: _____ m², eller löpmeter: _____ m

Väderlek Temperatur: _____ C^o Molnighet: _____ %
Vindstyrka: _____ m/s Luftfuktighet: _____ %

Mark: Torr / Fuktig / Blöt.

Ogräs: Torra / Fuktiga (= halv hastighet) / Blöta (= kör ej nu!)

Ogräs att bekämpa: arter & storlek, antal blad & bladstorlek

_____ Foto nr...,...,...,...

Ogräs på kontrolllytor: arter & storlek, antal blad & bladstorlek

_____ Foto nr...,...,...,...

Bekämpningshastighet: _____ km/h Tidsåtgång: _____ tim _____ min

Gastryck: _____ bar Gasförbrukning: _____ kg/h

Ogräsens utseende direkt efter bekämpningen

_____ Foto nr...,...,...,...

Fingertrycksmetoden utförd: Ja / Nej Resultat: _____

Notera andra iakttagelser t.ex. släckning av brand m.m på baksidan

Väderlek fram till efterkontroll:

	Dygn 1.	Dygn 2.	Dygn 3.	Dygn 4.
Regn:	_____	_____	_____	_____
Temp:	_____	_____	_____	_____
Sol:	_____	_____	_____	_____
Vind:	_____	_____	_____	_____

_____ Kommun och avdelning

_____ Namn på bekämpningsutförare

Helt döda: Arter & storlek, antal blad & bladstorlek

_____ Foto nr...,...,...,...

Halvt döda: Arter & storlek, antal blad & bladstorlek

_____ Foto nr...,...,...,...

Opåverkade: Arter & storlek, antal blad & bladstorlek

_____ Foto nr...,...,...,...

Ytans skötselstandard: Acceptabel / Oacceptabel

_____ Foto nr...,...,...,...

Andra kommentarer och iakttagelser:

Kommun och avdelning

Namn på efterkontrollant

För att dels kunna beräkna kostnaden för den termiska bekämpningen och dels tillförd värmemängd till ogräsen, så måste gasolförbrukningen per tidsenhet kunna bestämmas.

Uppmätningen av gasolförbrukningen går till på så vis att gasolflaskan vägs och därefter körs brännarna under minst 30 minuter under det att tryckregulatorn har ett fixt läge. Brännarnas körtid noteras och därefter vägs gasolflaskorna på nytt och viktnedgången beräknas. Divideras sedan vikten av den förbrukade gasolen med körtiden för brännarna i minuter så fås gasförbrukningen i kg/min.

Gör dessa uppmätningar vid både det högsta och lägsta trycket på regulatorn under minst 2 tillfällen utspridda under säsongen. Starta mätningen vid antingen det lägsta eller högsta rekommenderade gastrycket för er brännarutrustning.

Utförande

1 Gasolflaskans vikt före start av brännarna: _____ kg

2 Inställningsläge på tryckregulatorn: _____ bar

3 Antal inkopplade brännare: _____ st

Vilka är i gång: _____

4 Körtid för brännarna: _____ min
Dock minst 30 min.

5 Gasolflaskans vikt efteråt: _____ kg

6 Gasolflaskans viktnedgång: _____ kg

7 Gasolförbrukning per min = $\frac{\text{viktnedgång}}{\text{körtid}}$ = _____ kg/min

8 Gasolförbrukning / timme = $\frac{\text{viktnedgång} \times 60}{\text{körtid}}$ = _____ kg/h

Upprepa mätningen av gasolförbrukningen vid det andra högre eller lägre gastrycket på brännarna.

Kommun och avdelning

Namn på kontrollant

